

**Niittorytmin vaikutus nurminadan, timotein ja  
timotei–nurminata-seoskasvuston kasvuun ja sadon laatuun**

Henri Korhonen  
Maisterintutkielma  
Helsingin yliopisto  
Maataloustieteiden laitos  
Kasvinviljelytiede  
2018

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Henri Korhonen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Niittorytmin vaikutus nurminadan, timotein ja timotei–nurminata-seoskasvuston kasvuun ja sadon laatuun			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kasvinviljelytiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma	Aika — Datum — Month and year toukokuu 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 69 s.	
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Monet karjatilat korjaavat nurmisadon kolmesti kasvukauden aikana. Tätä puoltaa pidentynyt kasvukausi sekä tarve alentaa säilörehuntuotannon kustannuksia. Suomessa yleisimmin käytettyjä nurmiheiniä ovat timotei ja nurminata seoskasvustona. Kun pellolta korjataan kolme satoa, korjuuajankohdan merkitys korostuu, jotta saadaan korjattua määrällisesti mahdollisimman suuri ja kemialliselta koostumukseltaan laadukas nurmisato.</p> <p>Pro gradu -tutkielmassa selvitettiin aikaisen ja myöhäisen niittorytmytyksen vaikutuksia timotein ja nurminadan sekä timotei–nurminata-seoskasvuston kasvuun, kehitykseen ja sadon laatuun. Peltokokeet suoritettiin Luonnonvarakeskuksen Maaninnan toimipaikassa kasvukausina 2015 ja 2016. Nurmilajikkeina käytettiin Nuutti-timoteita ja Valtteri-nurminataa. Kummatkin lajikkeet soveltuvat viljeltäväksi koko Suomessa ja ne ovat satoisia ja talvenkestäviä.</p> <p>Sääolosuhteet vaihtelivat koevuosien välillä, mikä vaikutti kuiva-ainesadon muodostumiseen ja niittoajoituksiin. Vuonna 2016 alkukesä oli vähäsateinen ja kuivuus vaikutti toisen sadon määrään. Kokeessa havaittiin, että molempina vuosina myöhempi niittorytmytys tuotti suurimman kokonaissadon. Muilta osin niittoajalla havaittiin olevan suurempi vaikutus sato- ja kasvuparametreihin kuin niittorytmyksellä.</p> <p>Ensimmäisessä ja toisessa nitossa sulavuus määrittäi oikean niittoajankohdan. Kolmannessa sadossa sulavuus pysyi hyvänä vielä myöhäisimpinä niittoajankohtina. Niittoajan myöhästyttämisellä kolmannessa sadossa ei saavutettu merkittävää kuiva-ainesadon kasvua, vaan sato kääntyi laskuun.</p> <p>Lajien välillä havaittiin eroja ja timotei tuotti parhaan kuiva-ainesadon, mutta nurminadan sulavuus ja jälleenkasvu olivat parempia kuin timoteilla. Timotei-nurminata – seoskasvuston kuiva-ainesato oli lähellä timoteita, mutta sulavuus pysyi korkeana pidempään.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Timotei, nurminata, seoskasvusto, niittorytmi, kolmas sato, kuiva-ainesato, sulavuus			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Panu Korhonen, Maarit Hyrkäs, Perttu Virkajärvi (LUKE), Mervi Seppänen (HY)			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Henri Korhonen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Effect of defoliation rhythm to growth and crop quality in timothy, meadow fescue and timothy-meadow fescue mixture			
Oppiaine — Läroämne — Subject Crop science			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis	Aika — Datum — Month and year May 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 69 p.	
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Many dairy farms harvest three silage crops during summer. Extended growing season and a need to lower the costs of silage are the driving force for three harvests. In Finland the most common forage grass species in silage production are timothy (<i>Phleum pratense</i> L.) and meadow fescue (<i>Festuca pratensis</i> Huds.), cultivated as a mixture. When harvesting three times, the importance of a correct timing of defoliation is essential. The demand of high quality yield makes it even more important.</p> <p>In this master's thesis, the effects of early and late defoliation rhythm for the growth, development and quality of timothy, meadow fescue and timothy-meadow fescue mixture were examined. Field trials were conducted in the experiment station of Natural Resources Institute Finland (Luke) in Maaninka during the growing periods of 2015 and 2016. Timothy variety Nuutti and meadow fescue variety Valtteri were used in the experiment. Both varieties are suitable for cultivation throughout Finland.</p> <p>Weather conditions varied between the years during the experiment, which affected the dry matter production and the timing of optimal harvest. In year 2016, the beginning of summer had a low rainfall, and the drought affected dry matter yield production. It was notable that in both years the later defoliation rhythm produced greater dry matter yield. Otherwise, timing of harvest had a greater impact for crop and growing parameters than harvesting rhythm.</p> <p>For the first and the second harvest, digestibility determined the right harvesting time. In the third harvest, digestibility was high until the later harvesting times. During the experiment, it was also noticed that delaying the harvest did not produce higher dry matter yield. Timothy produced the best dry matter yield, as meadow fescue had better regrowth and dry matter digestibility. Timothy-Meadow fescue mixture's dry matter yield was as high as timothy's, however, dry matter digestibility remained higher longer than in timothy.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Timothy, meadow fescue, defoliation rhythm, three harvests, dry-matter yield, digestibility			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Panu Korhonen, Maarit Hyrkäs, Perttu Virkajärvi (LUKE), Mervi Seppänen (HU)			

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN .....	6
2.1 Nurmikasvien kasvufysiologia.....	6
2.2 Kuiva-ainesato ja sulavuus .....	9
2.3 Niittorytmitys.....	11
2.4. Lehtialaindeksi .....	13
2.5 Sääolosuhteet .....	14
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	16
4 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	17
4.1 Koeasettelu .....	17
4.2 Kokeen perustaminen .....	17
4.3 Lannoitus ja kasvinsuojelu koevuosina .....	18
4.4 Säähavainnot.....	18
4.5. Sadonkorjuu ja ruuduilta tehtävät mittaukset .....	19
4.6 Näytteidenotto ja käsittely .....	20
4.7 Tulosten käsittely.....	21
4.8 Tilastollinen analyysi.....	22
5 TULOKSET .....	23
5.1 Säähavainnot.....	23
5.2 Kuiva-ainesato .....	24
5.3 Sulavuus.....	26
5.4. NDF-kuitu.....	27
5.5 Lehtialaindeksi.....	28
5.6. Päiväkasvu .....	29
5.7 Kasvu suhteessa lämpösummaan .....	30
5.8. Kehitysaste.....	31
5.9. Lehti-korsisuhde .....	32
5.10 Seoskasvuston kasvun ja sulavuuden ennustaminen puhdaskasvustojen perusteella.....	33
5.11 Lämpösumma suhteessa kuiva-ainesatoon ja D-arvoon ensimmäisessä sadossa .....	34
5.12 Kuiva-aineen ja D-arvon välinen korrelaatio eri niitoissa.....	35
5.13 Lehtien osuus.....	38
6 TULOsten TARKASTELU .....	39
6.1. Sääolosuhteet .....	39
6.2. Niittorytmitys.....	39
6.3 Jälleenkasvu .....	40
6.4. Kuiva-ainesato .....	41
6.5. Sulavuus.....	41
6.6 Lämpösumman vaikutukset kuiva-ainesatoon ja sulavuuteen 1. sadossa .....	43
6.7 NDF-kuitu.....	44
6.8. Lehti-korsisuhde.....	44
6.9. Lehtialaindeksi.....	45
6.10 Kehitysaste.....	46

6.11 Seoskasvuston ennustettavuus puhdaskasvustoista .....	46
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	47
LÄHTEET .....	49
LIITTEET .....	61

## 1 JOHDANTO

Karjatiljoilla nurmen- ja viljantuotanto kilpailevat usein peltopinta-alasta eikä peltoala aina riitä tyydyttämään viljan tarvetta, vaan viljaa ostetaan tilan ulkopuolelta. Tämän vuoksi on perusteltua, että nurmilohkoilta saadaan paras mahdollinen sato. Nurmen tuotantokustannusten (snt/kg kuiva-ainetta) kannalta suuri hehtaarisato alentaa kuiva-ainekilo kohtaista tuotantokustannusta satotason noustessa, mikä kannustaa tavoittelemaan suuria kuiva-ainesatoja hehtaarilta. Samaan aikaan ilmastomuutos pidentää kasvukausia, jolloin myös nurmet kasvavat pidempään. Jo nykyisin moni tila korjaa pelloiltaan kolme säilörehusatoa. Niittojen ajoittaminen on tärkeää, sillä yhtäältä halutaan välttää syksyllä odelmaa, ja toisaalta nurmikasvustoille tulee jäädä riittävästi aikaa valmistautua talveen (Hyrkäs ym. 2016b). Sääolosuhteet vaikuttavat huomattavasti siihen, voidaanko pelloilta korjata kaksi vai kolme säilörehusatoa kasvukauden aikana (Kykkänen ym. 2016).

Lypsylehmän ruokinnan kannalta tavoitteena on määrällisesti ja kemiallisesti laadukas säilörehu. Laatua voidaan mitata hiilihydraattien ja proteiinien laatua ja määrää mittaamalla. Rehusedon suuruutta mitataan peltolohkolta saatavalla kuiva-ainesadolla (kg ka/ha). Suomessa tuotetaan vuosittain 6780 miljoonaa kiloa säilörehua ja tuoresadot ovat keskimäärin noin 12 000 kiloa hehtaarilta (Luke 2017). Keskisato jää kauas huippusadoista, mikä kertoo siitä, että tuotannon tehostamiselle on mahdollisuuksia. Säilörehusedon ominaispiirteinä kuitenkin on, että sadon määrän kasvaessa sen laatu kärsii. Kuiva-ainesadolla ja säilörehun sulavuudella on negatiivinen korrelaatio, jolloin kuiva-ainesadon kasvaessa sen käyttökelpoisuus eläimelle heikkenee. Lehmän ruoansulatuksessa sulamattomien pitkäketjuisten hiilihydraattien ja ligniinin määrän kasvu heikentää sadon käytettävyyttä eläimillä (Moore ja Jung 2001).

Suomessa rehunurmiseoksissa käytetään yleisesti timoteita (*Phleum pratense* L.) sekä nurminataa (*Festuca pratensis* Huds.) (Virkajärvi 2008). Nurminataa käytetään sen nopean jälleenkasvun vuoksi, timoteita satoisuutensa ja maittavuuden vuoksi. Kun peltolohkolta halutaan korjata kolme satoa kasvukaudessa, sadonkorjuun ajoittamisen merkitys korostuu. Niittoajan kohta vaikuttaa saatavan sadon lisäksi seuraavan sadon kasvuun. Tässä tutkielmassa selvitettiin aikaisen ja myöhäisen niittorytmytyksen vaikutusta sadon määrään ja laatuun.

## 2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN

### 2.1 Nurmikasvien kasvufysiologia

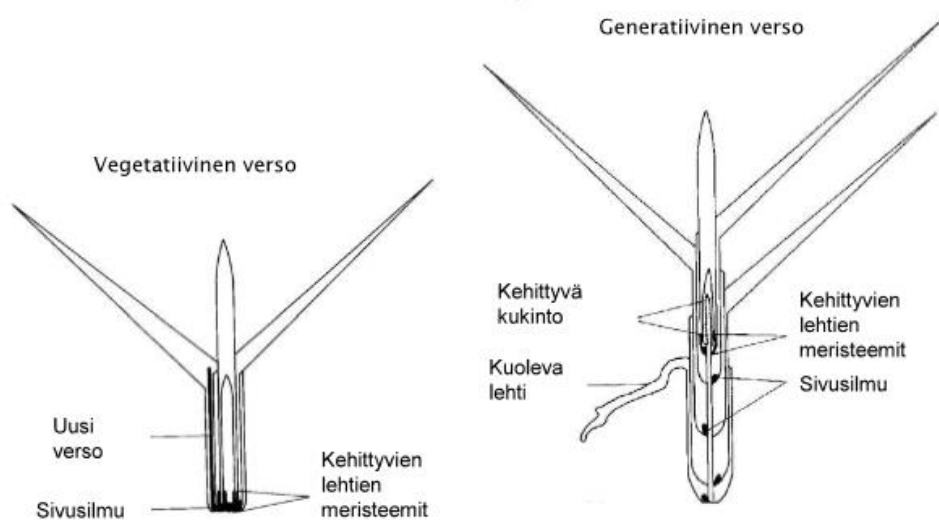
Päinvastoin kuin muilla viljelykasveilla, nurmilla sadon muodostaa koko maanpäällinen kasvusto ja säilörehunurmilla valtaosa maanpäällisestä yhteyttävästä kasvustosta korjataan pois kerralla. Nurmikasvusto ei ole homogeenistä, vaan se on jatkuvassa muutoksen tilassa ja sisältää eri kasvuasteella olevia versoja. Niitetyn nurmikasvuston uusiutuminen on kasvullista, mutta kasvun vaihetta kasvukauden aikana määrittää kukinta (Jones ym. 1988 s. 25). Ulko- maisten tutkimusten soveltaminen Suomen olosuhteisiin on usein vaikeaa erilaisen ilmaston ja nurmilajin vuoksi. Lisäksi monet laiduntutkimusten tulokset soveltuvat huonosti säilörehunurmiin (Virkajärvi ja Pakarinen 2012). Nurmilajien on myös havaittu käyttäytyvän eri tavalla pohjoisella leveyspiirillä: nurmikasvustojen versojen lukumäärä on alhaisempi, kuiva-ainesadon kehittyminen hidastuu päivänpituuden lyhentyessä ja rehun sulavuus laskee nopeammin (Heide 1982, Nissinen ym. 2010).

Nurmikasvusto on jatkuvassa muutoksen tilassa. Uusia versoja ja lehtiä syntyy vanhojen kuollessa. Parhaimmillaan yhdessä timoteiversossa voi olla keskimäärin viisi ja nurminadalla keskimäärin neljä lehteä (Virkajärvi 2004). Yksittäinen verso muodostaa yhden uuden lehden joka 7.–10. päivä (Sibma 1968).

Nurmikasveilla sato muodostuu yksittäisistä versoista, jotka koostuvat peräkkäin asettuneista kasvuyksiköistä, fytomeereistä. Yksi fytomeeri sisältää solmun, sivusilmun, lehtitupen ja lehtilavan (Moore ja Moser 1995). Fytomeerien kasvu tapahtuu kasvusolukoissa, joita on lehtitupen ja lehtilavan tyvellä sekä solmun yläpuolella (Barnes ym. 2003 s. 42, Virkajärvi ja Pakarinen 2012a).

Nurmikasvustossa on pääasiallisesti kahdenlaisia versoja: kasvullisia eli vegetatiivisia ja suvullisia eli generatiivisia versoja (Kuva 1). Vegetatiivisen version kasvupiste sijaitsee maanpinnalla ja tuottaa lehtiaiheita. Se ei muodosta kortta, vaan sen muodostama pseudokorsi on lehtitupista muodostunut kääri. Kun vegetatiivinen kasvu päättyy, kasvupiste siirtyy tuottamaan kukka-

aiheita eli siirtyy generatiiviseen vaiheeseen. Verson lehtien lukumäärä on jo määräytynyt kasvupisteessä olevien lehtiaihoiden mukaan (Virkajärvi ja Pakarinen 2012a). Timotei voi tuottaa myös vegetatiivisia elongoituneita versoja, jotka eroavat vegetatiivisista versoista siinä, että niillä on aitokorsi ja solmut, vaikka verson kasvupiste on vielä vegetatiivisessa vaiheessa (Sepänen ym. 2010). Versotyypin määrä kasvustossa vaihtelee kasvukauden aikana. Vegetatiivisten versojen aika nurmikasvustossa keväällä on kuitenkin lyhyt rajoittuen toukokuun alkuun (Virkajärvi ja Pakarinen 2012a). Tämän jälkeen versot valmistautuvat kukintaan, jolloin ensimmäisessä sadossa olevista versoista valtaosa on generatiivisia versoja. Myöhemmissä sadoissa vegetatiiviset ja elongoituneet versot muodostavat suurimman osuuden korjatusta sadosta.



Kuva 1: Nurmien vegetatiivisen ja generatiivisen verson poikkileikkaus. Muokattu (Jones ym. 1988, Virkajärvi ja Pakarinen 2012a) mukaan lähteestä Jones ym. (1988) s. 86.

Kärkikasvupiste säätelee yksittäisen nurmiverson kasvua ja kehitystä. Se ohjaa lehtien ja hankasilmujen muodostumista, ja vegetatiivisilla versoilla kasvupiste aloittaa uuden fytoomeerin muodostumisen. Kun suvullinen verso siirtyy kukintaan, uusien fytoomeerien muodostuminen pysähtyy ja kasvupiste erilaistuu kukinnoksi (Barnes ym. 2003 s. 42).

Kasviyksilön vanhetessa sen kasvu hidastuu ja fotosynteesin teho laskee. Korkeimmillaan yhteyttäminen on nuorissa lehdistä, ja yhteyttämisteho laskee jo ennen kuin lehdestä on havaittavissa vanhenemisen merkkejä (Jones ym. 1988 s. 45). Lisäksi lehtien pituuden ja kasvunopeuden välillä on negatiivinen korrelaatio. Tämä saattaa johtua kasvissa muodostuvista, yhteyttämistä hidastavista yhdisteistä kasvin vanhentuessa (Alberda ja Sibma 1968).



Nurmien jälleenkasvukyky vaihtelee kasvilajeittain ja siihen vaikuttavat useat eri tekijät. Tärkeimpiä tekijöitä ovat korjuuajankohta ja niittosängän pituus. Jos kärkikasvupiste korjataan sadon mukana, koko verso kuolee ja uusia versoja joudutaan muodostamaan tyviversoista, mikä hidastaa uutta kasvua (Jones ym. 1988 s. 87). Näin ei kuitenkaan tavallisesti käy, vaan kasvu voi lähteä käyntiin lehtien tyvillä olevista sivusilmuista. Sivusilmujen kasvupotentiaali on kärkikasvupisteen kasvua suurempaa, vaikka kasvu lähtee käyntiin hitaammin (Virkajärvi ja Parkarinen 2012a). Jos sato korjataan liian matalalta, jäljelle jäävän yhteyttävän lehtialan määrä jää alhaiseksi, mikä hidastaa kasvuunlähtöä ja vaatii runsaasti hiilihydraattivarastoja (Jones ym. 1988 s. 90). Muita uudelleenkasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa silmujen lepotila eli dormanssi ja nurmikasvuston energiavarastojen määrä.

Timotei on pohjoinen heinäkasvi, joka on sopeutunut pitkään päivään. Timotei poikkeaa muista rehunurmista siten, että sillä kukinta ei vaadi vernalisaatiota, vaan kukinnan määrittää päivänpituus (Heide 1994). Vastaavasti nurminata (*Festuca pratensis* Huds.) vaatii kukkiakseen pitkän vernalisaation, jopa 18–20 viikkoa (Heide 1994). Vernalisaatiolla tarkoitetaan kasvupisteiden vaatimaa kylmäjaksoa kukinnan onnistumiseksi (Barnes ym. 2003 s. 537). Timoteilla vernalisaation on kuitenkin havaittu parantavan kukintaa ja korren kasvua generatiivisissa versoissa sekä edistävän versojen muutosta elongoituneista generatiivisiksi versoiksi (Jones ym. 1988 s. 36, Jokela ym. 2014).

Erityisesti timoteilla korjuuajankohdalla on havaittu olevan suuri merkitys jälleenkasvuun, jonka on havaittu olevan nopeampaa, kun sadonkorjuu tehdään aikaisemmassa kehitysvaiheessa (Davies 1965). Myöhemmin kasvu tapahtuu tyvistä muodostuvilla sivusilmuilla, minkä vuoksi kasvu on hidasta. Timoteilla sivuversojen muodostumista hidastaa sivusilmujen dormanssi. Sivuversojen lepotila purkautuu hitaasti sadonkorjuun jälkeen, minkä vuoksi jälleenkasvu on nurminataa hitaampaa. Nurminadalla sitä vastoin on havaittu olevan timoteita parempi uudelleenkasvukyky, kun kasvi on generatiivisessa vaiheessa (Bonesmo 2000, Virkajärvi 2004).

## 2.2 Kuiva-ainesato ja sulavuus

Määrällistä laatua kuvaavana parametrina nurmilla käytetään kuiva-ainesatoa eli kasvuston tuottamaa kuiva-ainekiloa hehtaaria kohden (kg/ha). Kuiva-ainesadon muodostumiseen vaikuttavat nurmen satokomponentit, jotka ovat versotiheys ja yksittäisen version paino (Barnes ym. 2003 s. 41). Toisen niiton ajankohdan on havaittu estimoivan parhaiten kolmannen kuiva-ainesadon suuruutta (Hyrkäs ym. 2016a).

Sulavuus on yksi merkittävimmistä rehun ruokinnallista laatua kuvaavista tekijöistä, ja sen avulla kuvataan eläimen kykyä hyödyntää syömänsä rehu. Nurmirehu sisältää paljon kuiva-ainetta, ja sen runsaampi sulamattomien kuitujen pitoisuus tekee siitä vaikeammin sulavaa kuin viljarehusta (Barnes 2007 s. 470). Kasviaineksen sulaminen naudan pötsissä on monimutkainen prosessi, joka perustuu bakteerien ja entsyymien toimintaan ja niiden kykyyn hajottaa soluseinän polysakkarideja helpommin sulavaan muotoon. Nurmirehu ei ole tasalaatuista, vaan se sisältää eri kasvinosia, joiden koostumus vaihtelee. Kasvinosien, kuten korsien ja lehtien osuus, määrittääkin merkittävästi rehun kemiallista koostumusta.

Nurmikasvin soluseinät sisältävät pääasiassa polysakkarideja ja ligniiniä (Barnes 2007 s. 470). Polysakkaridit voidaan jakaa kahteen pääryhmään: selluloosaan ja hemiselluloosaan, joista se soluseinä sisältää eniten selluloosaa. Hemiselluloosa on soluseinän polysakkaridi, joka sisältää useita ksylaaneja ja pektiinejä. Hemiselluloosa muodostaa ristiksidoksia ligniinin kanssa, mikä antaa soluseinälle joustavan rakenteen. Ligniiniä tarvitaan soluseinissä tukirakenteiksi, ja nurmikasveilla soluseinän ligniinipitoisuus kasvaa kasvin vanhentuessa. Lisäksi timoteilajikkeeseen on havaittu vaikuttavan ligniinin kertymisnopeuteen (Barnes 2007 s. 470, Kärkönen ym. 2014).

Eri solukkotyyppien välillä on eroa sulavuudessa: ksyleemi- ja sklerenkyymisolukot lignifioituvat ja ovat huonosti sulavia, kun taas kollenkyymi- ja mesofyllisolukot ovat sulavia vielä vanhoissakin nurmikasveissa (Barnes 2007 s. 470). Pääsääntönä voidaan pitää, että selluloosa on helposti sulavaa, hemiselluloosa osittain sulavaa ja ligniini sulamatonta lehmän ruuansulatuksessa. Ligniini muodostaa esteen pötsin mikrobien ja sulavien polysakkaridien välille (Jung ja Deetz 1993). Myös partikkelikoko vaikuttaa kasviaineksen sulavuuteen: mitä pienempiä kasvipartikkelit ovat, sitä enemmän pötsin mikrobeilla on tarttumapinta-alaa partikkelin sulattamiseksi (Jung ym. 2012). Onkin arvioitu, että yksi kolmasosa kasvisoluista ei sula naudan ruuansulatuksessa, koska pötsin mikrobit eivät pääse siihen käsiksi (Wilson ja Mertens 1995).

Kun halutaan saavuttaa korkealaatuinen rehusato, sato on korjattava tarpeeksi aikaisin (Ostrem ym. 2013). Lehti-korsisuhteella ja sulavuudella on havaittu olevan korrelaatiota keskenään siten, että lehtien sulavuus laskee korren sulavuutta hitaammin (Duru 1997, Claessens ym. 2005). Lehdissä sulavuuden alenemisen aiheuttaa keskiruodin (Deinum 1976) ja korressa sklerenkyy-mirenkaan puutuminen (Seppänen ym. 2010).

Lajikevalinnalla ei ole havaittu olevan merkitystä timotein kemialliseen laatuun (Nordheim-Viken ja Volden 2009). Kuitenkin (Claessens ym. 2005) havaitsi, että ligniini–selluloosa-suhteella oli yhteys nurmikasvin sulavuuteen ja sen havaittiin olevan periytyvä ominaisuus.

Sulavuuden yksikkönä käytetään D-arvoa (orgaanisen aineksen sulavuus), jonka tavoitearvo säilörehulla on 690 grammaa per kuiva-ainekilo (McDonald ym. 1988). D-arvon arviointi ja seuraaminen on sadon määrän lisäksi merkittävä tekijä, jonka perusteella viljelijä tekee päätöksen niiton ajoittamisesta. Suunniteltaessa naudan ruokintaa ei tule tarkastella pelkkää nurmikasvien sulavuutta, vaan myös syöntiä. Hyvä säilörehu on ominaisuuksiltaan sulavaa, ja nauta voi syödä sitä suuria määriä. Rehun hyvä syötävyys kompensoi heikompaa sulavuutta.

D-arvo on toisessa sadossa heikompi kuin ensimmäisessä tai kolmannessa sadossa suhteessa muodostuneeseen kuiva-ainesatoon. Tähän syynä saattavat olla useat eri tekijät. Eräs selittävä tekijä saattaa olla sulavan aineksen korkeampi vaha- ja kutiinipitoisuus toisessa sadossa (Huh-tanen ym. 2006).

Toisessa niitossa eri timoteilajikkeiden sulavuudessa on havaittu eroja (Gustavsson 1994). Nis-sinen ym. (2010) havaitsi tutkimuksessaan, että 1. sadon korjuuajankohdalla oli vain vähän vaikutusta 2. sadon sulavuuteen. Lisäksi havaittiin, että toisen sadon määrässä ja sulavuudessa tapahtuvat muutokset olivat varsin hitaita verrattuna 1. sadon muutoksiin. Ilmiötä voi selittää suurempi lehtien osuus suhteessa korteen 2. sadossa.

Toinen säilörehusadosta mitattava rehun sulavuutta kuvaava arvo on neutraali detergentti-kuidun (*Neutral Detergent Fibre; NDF*) määrä. NDF kertoo soluseinän kokonaiskuidun määrän eikä erottele kuitutyppejä toisistaan, vaan se sisältää sulavan ja sulamattoman kuidun. Kuiva-ainesadon kasvaessa sulamattoman kuidun määrä kasvaa ja sulavuus heikkenee (Barnes ym. 2003). NDF-pitoisuudella ja lehmien rehunsyönnin välillä on negatiivinen korrelaatio (Buxton 1996, Vazquez ja Smith 2000, Barnes ym. 2003 s. 383). Lisäksi NDF-pitoisuus laskee, kun

lehtien osuus sadosta kasvaa (Bélanger ja McQueen 1996). Timoteilla lehtien osuuden ja ruokinnallisen laadun välillä on positiivinen yhteys, ja havaittiin, että lehtien osuus korreloi hyvin sulavuuden NDF-kuitupitoisuuden kanssa kevätkasvussa (Belanger and Mcqueen 1996). Lisäksi aikaisten ja myöhäisten lajikkeiden välillä havaittiin eroa: aikaisilla lajikkeilla sekä sulavuus että NDF-arvo olivat heikompia, mutta lehtien osuus biomassasta ei tutkimuksen perusteella selittänyt täysin lajikkeiden välistä eroa.

Timotein ligniinipitoisuus on todettu nurminataa korkeammaksi sekä lehdissä että versoissa (Morrison 1980). Hemiselluloosapitoisuus oli korkeampi timoteilla aikaisessa niitossa sekä lehdissä että korressa, kun taas myöhemmin suoritettussa niitossa nurminadan hemiselluloosapitoisuus oli korkeampi (Morrison 1980). Ligniinipitoisuuden on myös havaittu kasvavan kasvuasteen myötä (Morrison 1980). Kuitenkin sadon ligniinipitoisuudessa saattaa olla sääolosuhteista ja maantieteellisestä sijainnista johtuvia eroja, vaikka sato olisi korjattu samalla kasvuasteella (Ostrem ym. 2013).

### **2.3 Niittorytmitys**

Kansainvälisten kolmen sadon niittorytmityksien havaintojen soveltaminen Suomen olosuhteisiin on usein hankalaa erilaisten ilmasto-olosuhteiden vuoksi. Valtaosa tutkimuksista on tehty eri nurmilajeilla ja ne käsittelevät kuivaheinä- tai laidunnurmia, mikä niin ikään vaikeuttaa tutkimusten tulosten soveltamista säilörehunurmille. Oikeassa niittorytmityksessä sadonkorjuu tulisi ajoittaa niin, että saavutetaan mahdollisimman suuri vuosittainen kokonaissato, jonka kemiallinen koostumus säilyy hyvänä. Lisäksi nurmikasvuston uudelleenkasvun tulisi onnistua hyvin niiton jälkeen.

Niiton ajoittamisessa ei ole kyse vain kasvuajasta, vaan myös kasvin kehitysasteella korjaus-  
hetkellä on merkitystä seuraavien satojen muodostumisen kannalta (Binnie ym. 1980). Binnien ym. (1980) mukaan useat tutkimukset ovat vahvistaneet ensimmäisen niiton merkityksen koko vuoden sadonmuodostuksessa: aikaisella ja myöhäisellä niittoajalla saavutettiin korkeampi kokonaiskuiva-ainesato kuin niitolla, joka suoritettiin niiden välissä. Tätä voi selittää nurmikasvin kriittinen kasvuvaihe (Lawrence ja Ashford 1966). Niiton oikea ajoitus on kuitenkin ensisijaisesti riippuvainen kasvuympäristöstä ja käytössä olevasta lajikkeesta (Höglind ym. 2005a).

Käytännössä säilörehun korjuuajankohta päätetään seuraamalla sulavuuden kehitystä ja vertaamalla sitä sadon määrään.

Uudelleenkasvu alkaa hitaammin, jos nurmi on korjattu aiemmin: kasvuunlähtö on hitaampaa, mikä hidastaa kuiva-ainesadon muodostumista. Pidempi kasvuaika kuitenkin kompensoi hidasta alkukasvua, eivätkä kuiva-ainesatojen väliset erot olleet suuria (Höglind ym. 2005a).

Niiton ajoittaminen vaikuttaa timotein ja nurminadan jälleenkasvuun eri tavalla. Toisen niiton ajankohdan on havaittu vaikuttavan kolmannen sadon muodostumiseen, ja paras kuiva-ainesato saavutettiin, kun toinen sato korjattiin aikaisin. Myöhempänä niittoaikana heikompi kuiva-ainesato johtui auringon säteilyn määrän vähenemisestä ja kasvun hidastumisesta. (Hyrkäs ym. 2016a). Ilmiötä voi selittää myös nurmikasvien erilainen kukintainduktio, jolloin nurminadan ja timotein versotyyppien suhteet eroavat toisistaan toisessa sadossa. Samassa tutkimuksessa huomattiin, että timotein jälleenkasvukyky suvullisessa vaiheessa riippui vegetatiivisten versojen määrästä (Virkajärvi 2008).

Sääolosuhteilla on suuri merkitys oikeaan niittorytmiin ja siihen, voidaanko Keski- ja Pohjois-Suomessa korjata kaksi vai kolme nurmisatoa (Hyrkäs ym. 2012). Norjalaisessa meta-analyysissä tutkittiin kolmen niiton satoa puhtaissa timotei-nurminataseoksissa ja seoksissa, jotka sisälsivät apilaa. Tutkimuksessa ei havaittu merkittävää eroa kahden tai kolmen niiton strategioiden välille (Steinshamn ym. 2016). Havaittiin kuitenkin, että jos 1. sato korjattiin kehitysasteilla 2.4 ja 2.8 (solmujen muodostumisvaihe) (Moore ym. 1991), kahden niiton strategialla mitattiin 9 % suurempi kuiva-ainesato. Raakavalkuaispitoisuuden havaittiin puolestaan olevan 17 % korkeampi kolmen niiton strategiassa. Kokonaisuutena niittostrategioiden välillä ei havaittu merkittävää eroa sadon laadussa, vaan pääosin eroja selittivät kasvuston vanheneminen ja apilakasveja sisältäneet nurmiseokset (Steinshamn ym. 2016).

Ensimmäisen niiton osalta timotein ja nurminadan jälleenkasvu on parempaa, kun niitto tehdään aikaisessa kasvun vaiheessa (Bonesmo 2000). Käytännössä tämä tarkoittaa lehdenmuodostusvaihetta ja solmujen paksunemisvaihetta, jolloin muodostuneen kuiva-ainesadon määrä on vielä vähäinen. Tulosta saattaa selittää generatiivisten versojen suuri määrä yhdistettynä aikaisempaan niittoaikankohtaan, sillä generatiivisilla versoilla on havaittu olevan suurempi sadonmuodostuspotentiaali kuin vegetatiivisilla versoilla (Jones ym. 1988 s. 35).

Kolmannen sadon D-arvon on havaittu olevan toista satoa parempi. Kuitenkin kuolleen aineksen määrä havaittiin merkittäväksi eikä niittoajan myöhästyttäminen juurikaan kasvattanut kuiva-ainesatoja (Hyrkäs ym. 2016a). Lypsylehmillä suoritetussa tutkimuksessa selvitettiin eri satojen rehun kemiallista koostumusta ja syöntiä. Tuloksista havaittiin, että kolmas sato oli energiasisällöltään ja sulavuudeltaan parempaa kuin toinen sato, mutta sen syönti oli samalla tasolla tai huonompaa kuin toisen sadon (Sairanen ja Juutinen 2013). Samansuuntaisen tuloksiin on päädytty englanninraiheinällä (Alberda ja Sibma 1968).

Kolmannessa sadossa fotosynteesitehon havaittiin laskevan nuorissa lehdistä, eikä lehden iällä ollut vaikutusta fotosynteesin tehokkuuden laskuun. Tuloksia voi selittää auringon säteilyintensiteetin ja vuorokausilämpötilan aleneminen sekä kasvien valmistautuminen talveen, jolloin muodostuneita yhteyttämistuotteita siirtyy kasvun sijaan juuriin.

Höglind ym. (2005b) vertaili aikaista ja myöhäistä 1. niittoa ja havaitsi, että aikaisempaa niittoa seurasi pidempi viive kasvuunlähdessä kuin myöhemmässä vaiheessa. Lisäksi biomassan tuotto myöhemmässä rytmissä oli suurempaa kuin aikaisemmassa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan mitattu D-arvoa, mikä olisi ollut säilörehunurmen laadun ja niittoajan määrittämisen kannalta tärkeää.

## 2.4. Lehtialaindeksi

Lehtialaindeksi (*Leaf Area Index; LAI*) on suure, jolla kuvataan yhteyttävän kasvuston suuruutta. Käytännössä LAI lasketaan jakamalla lehtien pinta-ala lehtien peittämän maan pinta-alalla. LAI on 1, kun yhden neliömetrin kokoisella alueella lehtiä on yksi neliometri. Lehtialaindeksi on kasvulle kriittinen, kun 95 % valosäteilystä imeytyy kasvien lehtiin (Barnes 2003 s. 92). Lehtialaindeksi on optimaalinen ja kuiva-aineen tuotto suurinta, kun 98 % säteilystä imeytyy lehtiin (Alberda ja Sibma 1968). Optimaalisen lehtialan saavuttaminen on kuitenkin käytännössä vaikeaa: kasvavassa kasvustossa soluhengitykseen käytettävän energian määrä kasvaa, mikä vähentää kasvuun käytettävän hiilen määrää. LAI:n on havaittu vaikuttavan uusien sivuversojen muodostumiseen ruokonadalla ja englanninraiheinällä: LAI:n saavuttaessa arvon 3 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> sivuversojen muodostus vähenee. Tästä vähenemisestä seuraa hiilihydraattien allokointi sivuversojen sijaan lehtien kasvuun (Simon ja Lemaire 1987). Samalla vanhoja lehtiä kuolee (Alberda ja Sibma 1968, Jones ym. 1988 s. 26). Tämä muodostaa rajoitteen kasvuston

suurimmalle mahdolliselle elävälle biomassalle. Rajoitetta ei kuitenkaan saavuteta tehokkaassa nurmiviljelyssä, sillä nurmisato korjataan ennen raja-arvon saavuttamista (Jones ym. 1988 s. 71).

Paras aika sadonkorjuulle olisikin, kun kuiva-aineen tuotanto ja lehtialaindeksi ovat suurimmillaan (Jones 1988 s. 73 ref. Watanabe ja Takahashi 1979). Lehtialaindeksin kehittyminen on nopeampaa ensimmäisessä sadossa, kun niitto tehtiin myöhempänä ajankohtana (Höglind ym. 2005b). Timoteilla ja nurminadalla on lämpiminä syksyinä havaittu negatiivinen korrelaatio lehtialaindeksin ja korkean lehtien lakastumisen välillä (Virkajärvi 2004). Syynä saattaa olla auringon säteilyn määrän väheneminen nurmikasvuston tyvellä korkean lehtialan vuoksi, mikä johtaa lehtien kuolemiseen (Bircham ja Hodgson 1983, Virkajärvi 2004).

## 2.5 Sääolosuhteet

Sääolosuhteilla on tärkeä merkitys nurmien kasvuille ja kehitykselle. Sääolosuhteet vaihtelevat yleisesti ja se vaikuttaa muodostuvan sadon määrään: noin joka toinen nurmisato on 8–10 % yli tai alle keskisadon, mikä tarkoittaa, että sadon määrä vaihtelee paljon (Herrmann ym. 2005). Merkittävimpiä kehitykseen vaikuttavia tekijöitä ovat kasvua edistävän säteilyn määrä, kertynyt lämpösumma ja kasvukauden sademäärä. Ensimmäinen sato muodostuu lämpenevässä säässä päivänpituuden kasvaessa. Toisen sadon muodostuessa päivänpituus on jo kääntynyt laskuun, mutta lämpötilat ovat vielä korkeita (Virkajärvi ja Pakarinen 2012a). Kolmas sato taas muodostuu viilenevässä säässä, jolloin yö- ja päivälämpötilojen väliset erot ovat suuret ja auringon säteilyn määrä ja teho heikkenee. Kasvit alkavat valmistautua talveen ja varastoivat yhteyttämistuotteita juuriin kuiva-ainesadon kasvattamisen sijaan (Barnes ym. 2003 s. 113). Auringon säteilyn määrä vaikuttaa sulavuuden laskuun: sulavuus laskee hitaammin, kun säteilyä on paljon. Päivänpituudella ei havaittu olevan vaikutusta sulavuuteen (Thorvaldsson 1987).

Lämpötila vaikuttaa nurmien kemialliseen koostumukseen suoraan ja epäsuorasti kehitysasteen välityksellä (Gustavsson 1994). Nordheim-Vilken ym. (2009) ei havainnut timoteilla suorittamissaan tutkimuksissa, että korkealla lämpötilalla olisi ollut vaikutusta sulavuuteen, vaan yhtyi arvioon siitä, että lämpötila vaikuttaa sulavuuteen välillisesti nurmikasvin kehitysasteen välityksellä. Matalissa lämpötiloissa nurmikasvuston lakastumisen on havaittu olevan hitaampaa kuin korkeammissa lämpötiloissa (Nordheim-Viken ym. 2009).

Erityisesti kuivina kesinä ongelmaksi voi muodostua veden riittävyys, mikä on saattanut rajoittaa nurmisatoja. Esimerkiksi timoteilla kasvuston korjaamiseen kuivuuden aikana havaittiin hidastavan selvästi kuiva-aineen ja uusien versojen muodostumista jälkikasvussa (Langer 1959). Suomessa kevätkuivuus on varsin yleistä toukokuussa, ja tämä saattaa aiheuttaa ongelmia nurmien kasvulle ja kuiva-ainesadon muodostumiselle ensimmäisessä sadossa. Timoteilla korkean lämpötilan on havaittu rajoittavan kukintaa.

Lämpötilan on havaittu vaikuttavan lehtien muodostumiseen sekä vanhenemiseen. Keskikesän lämpötiloissa nurmikasvit muodostavat uuden lehden alle viikossa (Davies 1977), mutta alhaisissa lämpötiloissa lehtien muodostuminen on jopa kymmenen kertaa hitaampaa (Robson 1967). Samanaikaisesti lehtimäärä pysyy tasaisena, sillä vanhenevien lehtien määrä vähenee lämpötilan laskiessa (Robson ym. 1988). Bélangerin (1996) mukaan lehti alkaa kuolla, kun lämpösumma ylittää 260 astevuorokautta.

Tämä selittää osaltaan sitä, miksi nurmikasvustoissa tapahtuvat muutokset ovat hitaampia syksyllä kuin keskikesällä. Nissinen ym. (2010) huomasivat, että lämpösumman jyrkällä kasvulla oli yhteys tähkälletulovaiheen ajoittumiseen sekä kuiva-ainesadon ja sulavuuden muutoksiin. Hyrkäs (2016b) havaitsi, ettei kasvukauden sadesummalla ollut merkittävää vaikutusta satoihin. Toisaalta on havaittu, että alhainen sademäärä niiton jälkeen vähentää versojen määrää timoteilla ja vastaavasti kasvunopeutta. Nurminadalla ei ole havaittu samaa ilmiötä (Virkajärvi 2008).

Sääparametrien ja sulavuuden välillä on sen sijaan havaittu korrelaatiota. Huomattavaa oli, että sääolosuhteiden vaikutus satoon oli voimakkaampaa ensimmäisessä sadossa kuin toisessa sadossa (Thorvaldsson 1987). Lisäksi havaittiin kuiva-ainesadon ja sääolosuhteiden välisen korrelaation vaikutus raakavalkuaisen muodostumiseen. Lisäksi Thorvaldsson (1987) tutkimuksessa lämpötila oli merkittävin sulavuuteen vaikuttava ilmastotekijä. Lämpötilan vaikutus sulavuuteen oli merkittävämpää ensimmäisen sadon myöhäisemmässä niitossa kuin aikaisemmassa. Lisäksi lämpötilan vaikutus sulavuuteen havaittiin muuttuvan kasvukauden aikana.

Yksi nurmisadon kasvuun ja kehitykseen merkittävästi vaikuttavista tekijöistä on säteilyn määrä. Alhaisemmissa valaistusolosuhteissa kasvaneiden versojen fotosynteesipotentiaali on



valoisissa olosuhteissa kasvaneita versoja korkeampi. Keskikesän alhaista kuiva-ainesadon kehitystä selittävät alhainen versojen määrä, alentunut lehtiala sekä alhainen fotosynteesipotentiaali. Kuivuus tai liika kosteus voi voimistaa vaikutusta (Jones ym. 1988 s.45 )

### 3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Pro gradu -tutkielma on osa Luonnonvarakeskuksen Maaningan toimipaikassa suoritettua *Nurmet Rahaksi* -hanketta. Hankkeessa kerättiin empiiristä dataa nurmien kasvumalleja varten. Pro gradu-työn aineistona käytettiin peltokokeessa saatuja mittaustuloksia. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, millaisia vaikutuksia niittojen ajoittamisella on timotein ja nurminadan puhdaskasvustojen sekä timotei–nurminata-seoskasvuston kasvuun, kehitykseen ja kemialliseen laatuun kolmessa eri niitossa, jotka oli ajoitettu aikaisempaan ja myöhempään niittorytmiin. Kokeen tavoitteena oli myös selvittää, millainen niittorytmitys tuottaa määrällisesti ja laadullisesti parhaan sadon.

Koe sisälsi sadon määrä- ja laatuparametrien tarkastelun: kuiva-ainesato, kuiva-ainesadon päiväkasvu, kuiva-ainesadon kasvu suhteessa lämpösummakehitykseen, D-arvo ja NDF.

Tämän lisäksi tarkasteltiin fysiologisia parametreja puhdaskasvustoista: lehtialaindeksi, nurmen kehitysaste ja lehti-korsisuhde.

Kokeen päähypoteesit olivat:

$H_1$ : Niittorytmityksellä on vaikutusta puhdas- ja seoskasvustojen satoparametreihin

$H_0$ : Niittorytmityksellä ei ole vaikutusta puhdas- ja seoskasvustojen satoparametreihin.

Kokeessa vertailtiin myös lajien välisiä eroja ja haluttiin selvittää, käyttäytyvätkö lajit eri tavalla eri niitoissa. Lisäksi tutkimuksessa havainnoitiin lämpösummakertymän ja lehtien osuuden vaikutusta kuiva-ainesatoon ja sulavuuteen. Kokeen tuloksista myös verrattiin seoskasvuston kuiva-ainesatoa ja D-arvoa timotein ja nurminadan puhdaskasvustojen avulla laskettuihin arvoihin ja haluttiin selvittää, voiko seoskasvuston satoa ennustaa puhdaskasvustojen avulla.

## 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 4.1 Koeasettelu

Tutkimus suoritettiin Luonnonvarakeskuksen Maaninnan toimipaikassa Pohjois-Savossa (63° 10' N, 27° 18' E), maalaji vähämultainen/multava karkea hieta (KHt). Koe suoritettiin kaksivuotisena peltokokeena kasvukausina 2015 ja 2016, lohkoittain satunnaistettuna kokeina kukin kasvi erikseen. Koeasetelmassa oli puhtaita timotei- ja nurminatakasvustoja, joissa kummassakin oli 15 koejäsentä, sekä timotei–nurminata-seoskasvustoja, joissa oli 14 koejäsentä. Jokaisesta kasvustotyypistä oli kolme kerrannetta, joten koeruutuja oli yhteensä 132 kappaletta. Koeruutujen koko oli 1,5 m \* 8 m ja pinta-ala 12 m<sup>2</sup>. Koeruutukaistojen päihin ja eri nurmityyppien välille jätettiin suojaruodut vähentämään reunavaikutusta ja erottamaan eri nurmityypit toisistaan. Koealueelle asennettiin tensiometrit mittaamaan maan kosteutta (Liite1).

### 4.2 Kokeen perustaminen

Koe perustettiin virallisten lajikekokeiden ohjeiden mukaisesti (Niskanen 2016). Ennen kokeen perustamista koealueelta otettiin maanäytteet 28.4.2014. Näytteet otettiin koealueen eri puolilta 12:sta eri paikasta. Kaksi osanäytettä yhdistettiin, jolloin saatiin yhteensä 6 maanäytetulosta (liite 2). Koeruodut kylvettiin 12.6.2014. Lajikkeina käytettiin Nuutti-timoteita (Bor 94363) ja Valtteri-nurminataa (Bor 22003). Molemmat lajikkeet ovat satoisia, hyvin talvenkestäviä ja viljeltävissä koko Suomessa (Laine ym. 2017). Puhtaisiin kasvustoihin kylvettiin 3000 itävää siementä timoteita/m<sup>2</sup> ja 1250 itävää siementä nurminataa/m<sup>2</sup>. Seoskasvuston kylvösuhde oli 70 % timoteita ja 30 % nurminataa eli seoskasvustoihin kylvettiin 2100 siementä timoteita ja 375 siementä nurminataa/m<sup>2</sup>. Koeruodut perustettiin suojaviljaan ohraan. Perustamislannoituksessa käytettiin Pellon Y3-lannoitetta (N-23, P-3, K-8, S-3) 304 kg/ha, jolloin saatiin 70 kg N/ha.

Rikkakasveja torjuttiin perustamisvuonna kerran Starane XL rikkakasvintorjunta-aineella. Rikkakasvien torjunnan jälkeen havaittiin osalla ruuduista rajattuja alueita, joilla kasvusto oli

kuollut. Syynä tähän oli mahdollisesti huono kasvinsuojeluruiskun huuhtelu glyfosaatin jäljiltä ja/tai liian aikainen ruiskutusajankohta nurminadalle. Suojavilja korjattiin niittämällä 24.7. Ruiskutustuhoista kärsineillä koeruuduilla suoritettiin täydennyskylvö 1.–2.9.2014. Täydennyskylvö onnistui hyvin timoteiruuduilla, ja ne niitettiin satovuosina normaalisti. Nurminataruuduilla ja seosruuduilla täydennyskylvö ei korjannut tilannetta riittävästi, joten ruutupituutta lyhennettiin ja satoruutuna käytettiin vain täystiheitä kohtia. Ruutupituus nurminata- ja seosruuduilla vaihteli välillä 3,8–6,9 m, kun täyspitkän ruudun pituus oli 8 m. Oletettiin, ettei ruudun lyhentämisellä olisi mainittavaa vaikutusta koetuloksiin.

#### 4.3 Lannoitus ja kasvinsuojelu koevuosina

Satovuosien aikana lannoitukset suoritettiin kahden niiton ruuduilla kahdesti ja kolmen niiton ruuduilla kolmesti. 1. lannoitus suoritettiin Nurmen Y1 (N-27, P-1,3, K-4) -lannoitteella, 2. ja 3. lannoitus NK1-lannoitteella (N-25, P-0, K-7) (Taulukko 1; Liite 3). Toisen ja kolmannen sadon lannoitukset tehtiin välittömästi niiton jälkeen, viimeistään seuraavana päivänä niitosta. Koeruuduille suoritettiin rikkakasvitorjunta kummankin satovuoden keväällä.

Taulukko 1: Kokeen typpilannoitus kg N/ha.

Niittoja		1. sadolle	2. sadolle	3. sadolle
2	Koejäsenet 11–15	100 N	100 N	
3	Koejäsenet 1–10	100 N	90 N	40 N

#### 4.4 Säähavainnot

Kokeen aikaiset säähavainnot saatiin Ilmatieteen laitoksen Maanigan Halolan havaintoasemalta. Tutkimusta varten säädatasta laskettiin satokauden aikana muodostunut lämpö- ja sadesumma. Sadesumman laskenta aloitettiin kasvukauden alusta, ja sade- ja lämpösumman havainnointi päätettiin kolmannen sadon viimeiseen niittoon. Lisäksi saatua säädataa verrattiin Ilmatieteen laitoksen 30 vuoden säädataan keskilämpötilojen ja sadesumman osalta.

#### 4.5. Sadonkorjuu ja ruuduilta tehtävät mittaukset

Koeruuduilta mitattiin syys- ja kevättiheydet. Vuonna 2015 kevättiheydeksi mitattiin nurminadalla 97 % ja timoteilla 100 %. Syystiheydet olivat vuonna 2015 vastaavasti nurminadalla 96 % ja timoteilla 98 %. Mitatut tiheydet olivat korkeammat kuin virallisissa lajikekokeissa vuosina 2008–2015 mitatut tiheydet.

Niitot suoritettiin niittoaikataulun mukaisesti (Taulukko 2). Ensimmäisestä ja toisesta sadosta tehtiin erittäin aikaiset niitot (satotavoite 500–1000 kg ka/ha). Muutoin ensimmäisen sadon osalta pyrittiin tiettyyn D-arvotavoitteeseen, ja toisen sadon ajankohdat kiinnitettiin tehtäväksi 5, 6, 7 ja 8 viikkoa ensimmäisestä niitosta. Kolmannen sadon ajankohdat osuivat noin syyskuun alkuun, puoliväliin ja kasvukauden loppuun syys-lokakuun vaihteeseen. Ennen jokaista niittoa koeruuduilta otettiin ojennettu korkeus, lehtialaindeksi (LAI; Leaf area index) sekä määritettiin kasvuaste Simon & Parkin kasvuastemenetelmällä (Simon ja Park 1983a). Lehtialaindeksi määritettiin LI-COR LAI-2000 -laitteella (LI-COR Inc. Lincoln, Nebraska, USA). Niitto suoritettiin Haldrup 1500 -koeruutupuimurilla, joka punnitsi koeruudulta saadun tuorepainon. Niittokorkeus oli 7 cm.

Taulukko 2: Kokeen niittoaikataulu ja niittoaikakohtien tavoitearvot.

Koejäsen	Niit-toja per vuosi	1. niitto	Tavoite	2. niitto	Tavoite	3. niitto
1	3	erittäin aikainen	500–1000 kg ka	puhdistusniitto		puhdistusniitto
2	3	aikainen	D 690–700	erittäin aikainen	500–1000 kg ka	syyskuun alku
3	3	aikainen		aikainen	5 vk 1. niitosta	syyskuun alku
4	3	aikainen		melko aikainen	6 vk 1. niitosta	syyskuun alku
5	3	aikainen		melko aikainen		syyskuun puoliväli
6	3	aikainen		melko aikainen	7 vk 1. niitosta	kasvukauden loppu
7	3	aikainen		normaali		syyskuun alku
8	3	aikainen		normaali		syyskuun puoliväli
9	3	aikainen		normaali		kasvukauden loppu
10	3	aikainen		myöhäinen	8 vk 1. niitosta	kasvukauden loppu
11	2	myöhäinen	D 680	erittäin aikainen	500–1000 kg ka	puhdistusniitto
12	2	myöhäinen		aikainen	5 vk 1. niitosta	ei puhdistusniittoa
13	2	myöhäinen		melko aikainen	6 vk 1. niitosta	ei puhdistusniittoa
14	2	myöhäinen		normaali	7 vk 1. niitosta	ei puhdistusniittoa
15	2	myöhäinen		myöhäinen	8 vk 1. niitosta	ei puhdistusniittoa

#### 4.6 Näytteidenotto ja käsittely

Näytteet otettiin niiton yhteydessä jokaisesta koeruudusta. Seoskasvustoista määritettiin seoksen botaaninen koostumus erottelemalla eri kasvilajit erikseen, ja puhdaskasvustoista tehtiin lehti- korsi-fraktioinnit, joissa eroteltiin lehti, korsi ja mahdollinen kukinto. Fraktiointien tuorepainot punnittiin ennen kuivausta. Jokaisesta koeruudusta punnittiin 200 gramman näyte kuiva-aineprosentin määrittystä ja kemiallista analyysia varten. Sekä fraktiointeja että analyysinäytteitä kuivattiin 2 vuorokauden ajan 60 °C lämmössä. Kuivauksen jälkeen näytteiden kuivapainot punnittiin.

Kuivattujen näytteiden kemiallinen analyysi suoritettiin Valion laboratoriossa Seinäjoella. Tässä tutkimuksessa keskityttiin kemiallista laatua kuvaavien parametrien osalta rehun sulaavuutta kuvaavien laatuparametrien D-arvon ja NDF-kuidun arvojen tarkasteluun. D-arvo ja NDF-pitoisuus mitattiin NIR-menetelmällä (Near Infrared Spectroscopy) (Murray 1993).

Kuiva-ainesadon laskeminen:

Kuivattujen näytteiden perusteella laskettiin kuiva-ainesadot hehtaaria kohden:

$$\text{Kuiva-ainesato kg ka/ha} = \frac{(\text{näytteen kuiva-aineprosentti}/100 * \text{tuoresato kg}) * 10\,000}{\text{koeruudun pinta-ala m}^2}$$

Vuorokausikasvu saatiin jakamalla niitossa saatu kuiva-ainesato (kg ka/ha) kasvuun käytettyjen päivien lukumäärällä (vrk):

$$\text{Kasvunopeus vrk} = \frac{\text{Kuiva-ainesato kg ka/ha}}{\text{Kasvuun kuluneiden päivien lukumäärä}}$$

Aineistosta mitattiin myös kasvunopeus per lämpösumma-aste (kg ka/ha/°C vrk). Kasvunopeus mitattiin jakamalla niitossa saatu kuiva-ainesato kasvun aikana kertyneellä lämpösummalla:

$$\text{Kasvunopeus/}^{\circ}\text{C vrk} = \frac{\text{Kuiva-ainesato kg ka/ha}}{\text{Kasvun aikana kertynyt lämpösumma }^{\circ}\text{C vrk}}$$

Lehtien osuus laskettiin kuivatuista näytteistä jakamalla lehtien kuiva-ainesato lehtien ja koreiden kuiva-ainesadon summalla.

$$\text{Lehtien osuus \%} = \frac{\text{lehtien kuivapaino (g)}}{\text{lehtien kuivapaino (g)} + \text{korsien kuivapaino (g)}}$$

Lisäksi seoskasvustosta määritettiin kasvuston botaaninen koostumus niittorytmeittäin ja niittoajoittain. Seos jaettiin timoteihin, nurminataan ja rikkakasveihin.

#### 4.7 Tulosten käsittely

Saaduista mittaustuloksista laskettiin keskiarvot, ja ensimmäisen sadon osalta koejäsenien tulokset yhdistettiin seuraavasti: 1. koejäsen (1. niittoaika) 2.–10. koejäsenet (2. niittoaika) 11.–15. koejäsenet (3. niittoaika). Toisen ja kolmannen sadon osalta tulokset seurasivat niittosuunnitelmaa (Liite 1) ja tulokset laskettiin oheisen taulukon mukaan (Taulukko 3). Tulosten kookomataulukot löytyvät liitteistä (Liite 4)

Taulukko 3: Tulosten laskentaan käytetyt koejäsenet ja niittopäivämäärät vuonna 2015 ja 2016.

Niitto ja niittorytmi	Niittoaika	Koejäsenet	Niittopäivämäärä vuonna 2015	Niittopäivämäärä vuonna 2016
Ensimmäinen niitto	1. niittoaika	1	2.6.2015	26.5.2016
	2. niittoaika	2–10	11.6.2015	6.6.2016
	3. niittoaika	11–15	22.6.2015	9.6.2016
Toinen niitto, 1. niittorytmi	1. niittoaika	2	6.7.2015	30.6.2016
	2. niittoaika	3	16.7.2015	11.7.2016
	3. niittoaika	4	23.7.2015	18.7.2016
	4. niittoaika	7	30.7.2015	25.7.2016
	5. niittoaika	10	6.8.2015	1.8.2016
Toinen niitto, 2. niittorytmi	1. niittoaika	11	16.7.2015	4.7.2016
	2. niittoaika	12	27.7.2015	14.7.2016
	3. niittoaika	13	3.8.2015	21.7.2016

	4. niitto aika	14	10.8.2015	28.7.2016
	5. niitto aika	15	17.8.2015	4.8.2016
Kolmas niitto, 1. niittorytmi	1. niitto aika	4	1.9.2015	29.8.2016
	2. niitto aika	5	15.9.2015	12.9.2016
	3. niitto aika	6	29.9.2015	26.9.2016
Kolmas niitto, 2. niittorytmi	1. niitto aika	7	8.9.2015	5.9.2016
	2. niitto aika	8	21.9.2015	19.9.2016
	3. niitto aika	9	6.10.2015	3.10.2016

#### 4.8 Tilastollinen analyysi

Selitettävien muuttujien osalta tuloksista laskettiin keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe (Standard error of the mean, SEM). Tutkielman aineiston varianssianalyysit perustuivat lineaariseen sekamalliin (LSM), joka voidaan esittää muodossa:

$$y = X\beta + Zu + \varepsilon$$

jossa:

$y$  = tunnetut havainnot

$X\beta$  = kiinteiden vaikutusten termi

$Zu + \varepsilon$  = satunnaistermit

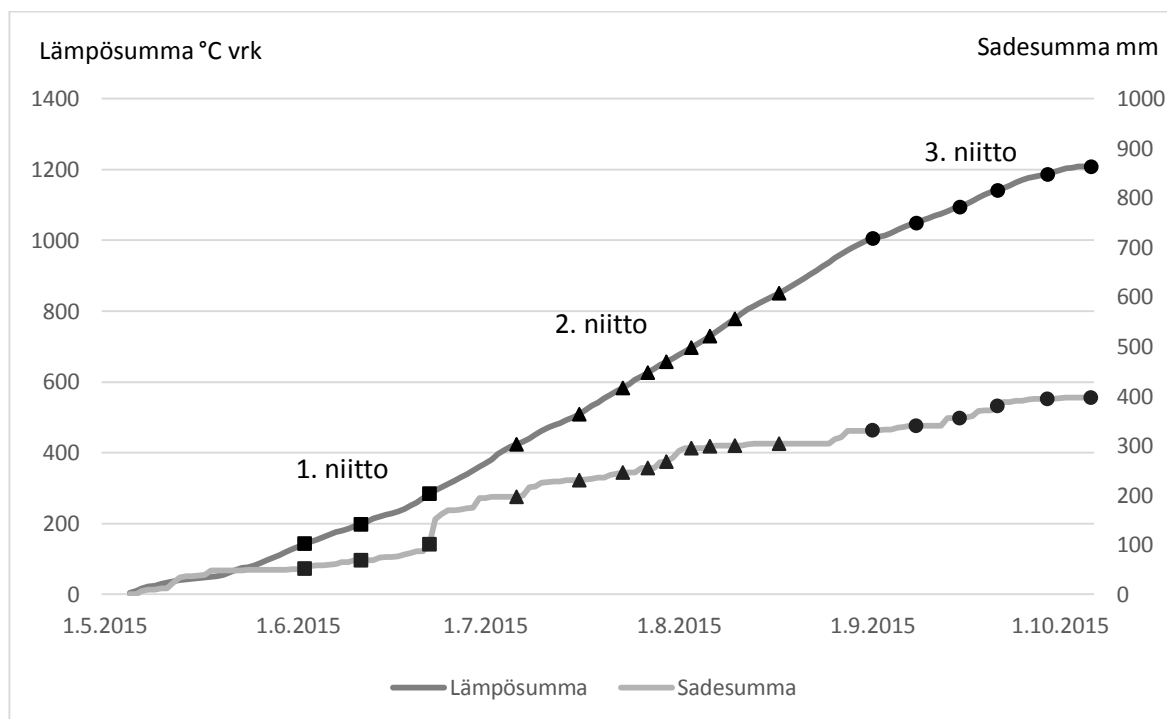
Kiinteinä vaikutuksina aineistossa olivat ensimmäisessä sadossa niitto aika, toisessa ja kolmannessa sadossa niittorytmi ja niitto aika sekä niiden yhdysvaikutus niittorytmi x niitto aika. Satunnaisterminä kokeessa oli kerranne. Timotei, nurminata ja seos analysoitiin erikseen. Sekamallien tulokset analysoitiin SPSS Statistics -ohjelmalla (versio 23.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) ja laskentaan käytettiin linear mixed model -proseduuria. Pää- ja yhdysvaikutustermit olivat tilastollisesti merkitseviä p-arvon ollessa <0,05 ja erittäin merkitseviä, kun  $p < 0,001$ .

Tämän lisäksi niittoajan ja niittorytmi x niitto aika yhdysvaikutukselle tehtiin parivertailut Bonferronin testillä. Parivertailut esitetään siten, että kummassakin niittorytmissä tarkastellaan erikseen niittoaikojen välisiä eroja. Tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä, kun  $p < 0,05$ .

## 5 TULOKSET

### 5.1 Säähavainnot

Vuonna 2015 lämpösummaa kertyi Maaningalla kasvukauden aikana 1208 °C vrk ja sadetta 394 mm. Kasvukausi alkoi 5.5.2015. Lämpösumma kertyi alkukesästä hitaasti, mutta lämmin elokuu nosti lopullista lämpösummaa. Kokonaisuutena kesä oli sateinen, ja erityisesti kesäkuun lopulla satoi runsaasti. Verrattaessa 30 vuoden säätilastoihin kevät ja alkukesä olivat keskimääräisiä. Toukokuussa satoi 59 mm, kun pitkän ajan keskiarvo on 93 mm. Kesäkuussa satoi runsaasti, ja pitkän ajan keskiarvo ylittyi 20 mm:llä. Lisäksi kesäkuussa saatiin runsaita sateita ensimmäisen niiton viimeisen niittoajankohdan jälkeen. Heinä- ja elokuun sateet jäivät alle pitkän ajan keskiarvon (Kuva 2).

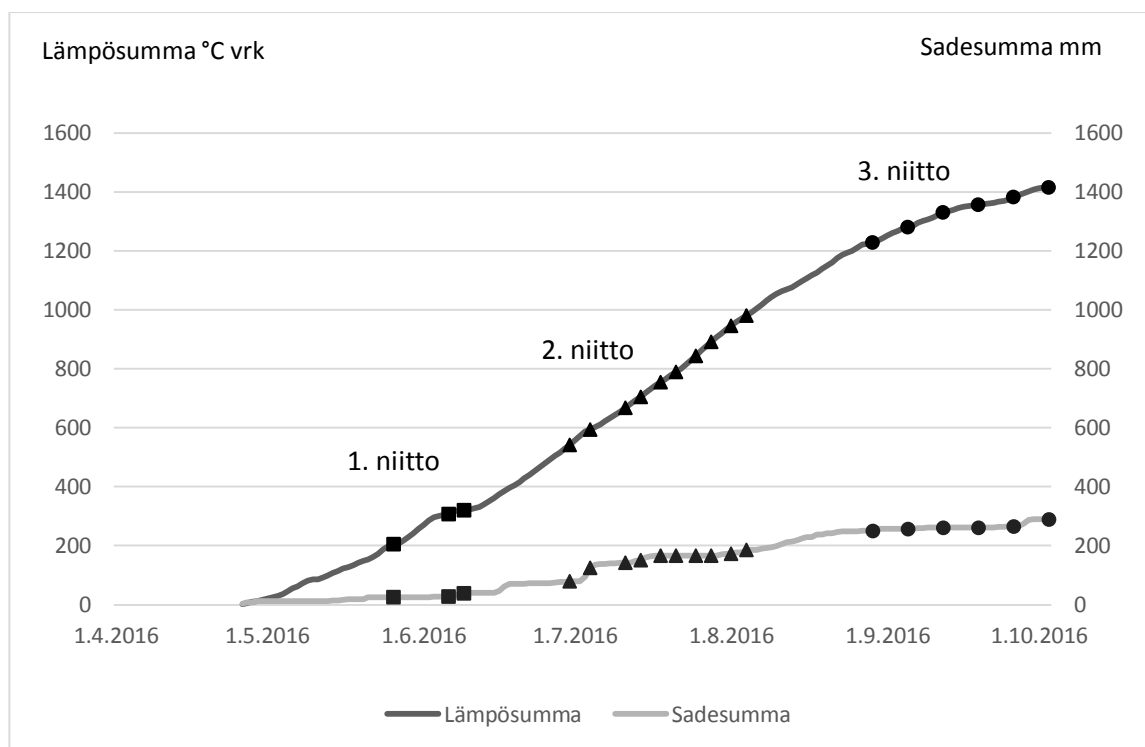


Kuva 2: Lämpö- ja sadesumman kehittyminen vuonna 2015. Niittoajankohdat 1. niitto (■), 2. niitto (▲) 3. niitto (●).



Kasvukaudella 2016 lämpösummaa kertyi 1415 °C vrk ja sadetta 290 mm. Kasvukausi alkoi 26.4.2016. Alkukesä oli erittäin vähäsateinen (Kuva 3) ja verrattaessa pitkän ajan keskiarvoon touko- ja kesäkuun sadesummat olivat poikkeuksellisen alhaiset. Toukokuun sadesumma oli 14 mm, mikä oli hyvin vähän, kun 30 vuoden keskiarvoksi oli mitattu 94 mm. Kesäkuussa satoi yhteensä 54 mm, kun keskiarvo oli 120 mm. Heinäkuun sadesumma oli 94 mm ja elokuun 82 mm. Sadesummat olivat alhaisemmat kuin pitkän ajan keskiarvo, mutta huomattavasti lähempänä keskiarvoa kuin alkukesän sateet.

Tutkimuksen aikana satokaudet erosivat toisistaan merkittävästi. Vuonna 2016 kasvukausi alkoi yhdeksän päivää aiemmin kuin vuonna 2015. Kasvukausien välinen ero oli lämpösummassa 203 °C vrk ja sadesummassa 104 mm. Erityisen suuri ero oli kevään- alkukesän sadesummissa. Vuonna 2016 toukokuun sademäärä oli neljä kertaa pienempi kuin vuonna 2015, vaikka vuoden 2015 sadesummakin jäi pitkän ajan keskiarvoa alhaisemmaksi.

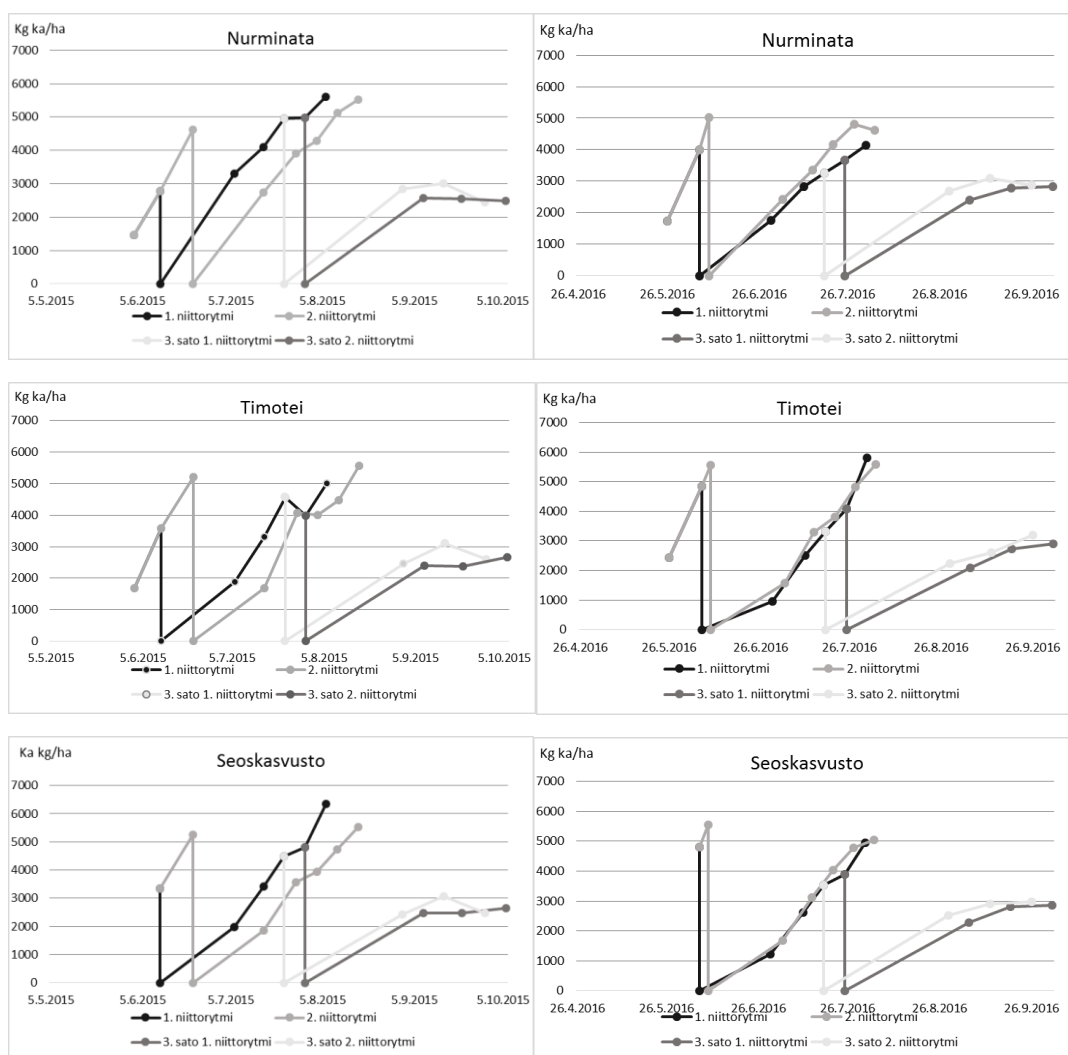


Kuva 3: Lämpö- ja sadesumman kehittyminen vuonna 2016. Niittoaajankohdat 1. niitto (■), 2. niitto (▲) 3. niitto (●).

## 5.2 Kuiva-ainesato

Vuonna 2015 ensimmäisen sadon kuiva-aineen keskisato oli noin 2700 kg ka/ha, toisen sadon 3100 kg ka/ha ja kolmannen 2000 kg ka/ha ja toisena vuonna vastaavasti noin 3300 kg ka/ha, toisen sadon 2600 kg ka/ha ja kolmannen 2000 kg ka/ha. Satokäyristä havaittiin puhdas- että

seoskasvustojen kuiva-ainesatojen kehityksen olevan samansuuntaista vuosien sisällä. Vuonna 2015 toisessa sadossa timotei sato oli alempi kolmannen niittotajankohdan jälkeen kummassakin niittorytmissä. Vuonna 2015 aikaisempi niittorytmi tuotti korkeamman toisen sadon puhdas- ja seoskasvustoilla, vuonna 2016 jälkimmäinen. Kolmannessa sadossa puhdas- kasvustot ja timotei–nurminata-seokset tuottivat aikaisemmalla niittorytmyksellä korkeimman kuiva-ainesadon kumpanakin satovuonna (Kuva 4).



Kuva 4: Kuiva-ainesatojen satokäyrät nurminadalla, timoteilla ja timotei–nurminata-seoskasvustolla vuosina 2015 (vasen) ja 2016 (oikea).

Kasvunopeus ei määrittänyt kuiva-ainesadon määrää, eikä nopeimmin kasvanut koejäsen ollut satoisin. Ensimmäisessä sadossa vuonna 2016 biomassaa kertyi nopeammin kuin vuonna 2015 ja vuonna 2016 saavutettiin suuremmat sadot. Nurminadan kasvunopeus oli korkein ja

vuonna 2015 päiväkasvu oli 181 kg ka/ha/vrk, vuonna 2016 se oli 333 kg ka/ha/vrk. Timotei- ja seoskasvustot kuitenkin tuottivat suurimman kuiva-ainesadon.

Niittorytmyksellä oli tilastollisesti merkittävä vaikutus kuiva-ainesatoihin. Toisen sadon kuiva-ainekertymä poikkesi koevuosien välillä siten, että aiempi niittorytmi tuotti korkeamman sadon ensimmäisenä koevuonna, mutta myöhäisempi puolestaan toisena koevuonna. Toisena vuonna havaittiin myös poikkeuksellisen alhainen kuiva-ainesato muilla koejäsenillä paitsi nurminadalla (Taulukko 4).

Kolmannessa sadossa kaikilla sekä seos että puhdaskasvustoilla havaittiin, että kuiva-ainesadon kasvu hidastui tai kääntyi laskuun viimeisinä niittoajankohtina (Taulukko 4).

Taulukko 4: Nurminadan, timotein ja seoskasvuston kuiva-ainesadot kg ka/ha vuosina 2015 ja 2016.

Kuiva-ainesadot		Nurminata 2015		Nurminata 2016		Timotei 2015		Timotei 2016		Seoskasvusto 2015		Seoskasvusto 2016	
Niittoajankohta	Niittorytmi	Kuiva-ainesato kg ka/ha		Kuiva-ainesato kg ka/ha		Kuiva-ainesato kg ka/ha		Kuiva-ainesato kg ka/ha		Kuiva-ainesato kg ka/ha		Kuiva-ainesato kg ka/ha	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1,1		1458		1737		1678		2437					
1,2		2770		4010		3573		4841		3336		4804	
1,3		4614		5016		5211		5569		5244		5552	
Keskivirhe		227		112		215		147		97		63	
P-arvo	niittoajankohta	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
2,1		3297 a	2739 a	1767 a	2417 a	1876 a	1693 a	964 a	1567 a	1990 a	1851 a	1230 a	1669 a
2,2		4104 b	3918 b	2834 b	3345 b	3189 b	4072 b	2506 b	3304 b	3427 b	3566 b	2625 b	3116 b
2,3		4956 c	4290 b	3255 bc	4175 c	4568 c	4016 b	3328 c	3808 c	4494 c	3949 bc	3525 c	4030 c
2,4		4966 d	5118 c	3670 c	4811 d	3987 cd	4480 b	4089 d	4813 d	4418 c	4728 cd	3883 c	4781 d
2,5		5601 e	5523 c	4137 d	4621 d	5017 ce	5575 c	5801 e	5579 e	6346 d	5526 d	4935 d	5041 d
Keskivirhe	niittorytmi*niittoajankohta	141		99		261		131		218		174	
P-arvo	niittorytmi	0,006		<0,001		0,164		<0,001		0,124		<0,001	
	niittoajankohta	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
	niittorytmi*niittoajankohta	0,039		0,015		0,076		0,008		0,072		0,058	
3,1		2846 a	2580 a	2684 a	2410 a	2456 a	2396 a	2224 a	2083 a	2437 a	2486 a	2513 a	2275 a
3,2		3003 a	2542 a	3097 b	2784 b	3095 b	2383 b	2605 b	2716 b	3063 b	2487 a	2914 ab	2798 b
3,3		2439 b	2726 a	2881 ab	2835 b	2594 a	2659 c	3204 c	2909 b	2468 a	2651 a	2978 b	2860 b
Keskivirhe	niittorytmi*niittoajankohta	81		123		77		117		135		178	
P-arvo	niittorytmi	0,005		0,007		0,003		0,286		0,246		0,121	
	niittoajankohta	0,010		0,001		0,007		<0,001		0,055		0,002	
	niittorytmi*niittoajankohta	<0,001		0,211		0,001		0,264		0,017		0,829	

### 5.3 Sulavuus

Sulavuuden osalta niittorytmien merkitsevyys vaihteli eri vuosina puhdas- ja seoskasvustoissa. Ensimmäisen niiton sulavuus oli korkeampi vuonna 2015 ja nurminadan sulavuus laski timoteita ja seoskasvustoa hitaammin. Nurminadan D-arvo oli kumpanakin koevuonna yli tavoitearvon (690 g/kg ka) kaikkina niittoajankohtina, kun taas vuonna 2015 timotein ja seos-

kasvuston sulavuus alitti tavoitearvon myöhäisimpänä niittoajankohtana. Vuonna 2016 niittoajankohtien välinen ero oli kolme vuorokautta, minkä vuoksi niittoajankohtien väliset erot olivat vähäiset ja D-arvo pysyi yli tavoitearvon timoteilla ja seoskasvustolla.

Toisessa sadossa D-arvon tavoitearvo saavutettiin nurminadalla ja seoskasvustolla keskimäärin toisen ja kolmannen niittoajankohdan välillä kumpanakin satovuonna. Timoteilla sulavuus mukaili nurminataa ja seoskasvustoa vuonna 2015, mutta jälkimmäisenä koevuonna sulavuuden tavoitearvoa ei saavutettu myöhäisemmällä niittorytmillä missään niittoajankohdassa.

Kolmannessa sadossa D-arvot olivat korkeammat kuin toisessa sadossa havaitut ja sen lisäksi timotein ja seoskasvuston sulavuus säilyi korkeana vielä myöhäisimpänä niittoaikana. Kuitenkin tulosten hajonta kasvoi, mikä näkyi suurempana keskivirheenä erityisesti nurminadalla ja timoteilla (Taulukko 5).

Taulukko 5: Kokeessa havaitut D-arvot g/kg ka vuosina 2015 ja 2016 timoteilla nurminadalla ja timotei–nurminata-seoksessa.

D-arvo		Nurminata 2015		Nurminata 2016		Timotei 2015		Timotei 2016		Seoskasvusto 2015		Seoskasvusto 2016	
Niittoaika	Niittorytmi	D-arvo g/kg ka		D-arvo g/kg ka		D-arvo g/kg ka		D-arvo g/kg ka		D-arvo g/kg ka		D-arvo g/kg ka	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1,1													
1,2		737		720		721		697		729		692	
1,3		705		703		665		697		663		691	
Keskivirhe		4,1		2,8		3,6		1,7		3,0		2,6	
P-arvo	niittoaika	<0,001		<0,001		<0,001		0,899		<0,001		0,641	
2,1													
2,2		701 a	703 a	708 a	709 a	704 a	684 a	704 a	677 a	713 a	699 a	707 a	706 a
2,3		686 ab	680 b	682 b	687 b	679 b	673 a	671 b	667 a	690 ab	685 a	694 a	686 b
2,4		670 bc	658 c	667 b	667 c	652 c	645 b	639 c	630 b	670 bc	651 b	669 b	670 c
2,5		656 c	646 c	666 b	658 c	631 c	643 b	639 c	619 b	658 c	655 b	670 b	656 c
Keskivirhe	niittorytmi*niittoaika	4,3		4,4		6,7		5,6		5,6		4,6	
P-arvo	niittorytmi	0,038		0,826		0,199		0,001		0,019		0,057	
	niittoaika	<0,001		<0,001		0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
	niittorytmi*niittoaika	0,278		0,444		0,010		0,148		0,462		0,161	
3,1		700 a	716 a	688 a	703 a	724 a	728 a	703 a	710 a	712 a	723 a	692 a	713 a
3,2													
3,3		633 b	660 b	678 a	677 b	695 a	682 b	699 a	706 a	675 b	691 b	699 a	700 a
Keskivirhe	niittorytmi*niittoaika	11,3		5,9		8,2		5,5		6,4		4,9	
P-arvo	niittorytmi	0,081		0,120		0,659		0,252		0,063		0,051	
	niittoaika	0,001		0,003		0,012		0,496		0,001		0,622	
	niittorytmi*niittoaika	0,605		0,084		0,430		1,000		0,707		0,07	

## 5.4. NDF-kuitu

Niittorytmillä ei havaittu juurikaan merkitsevää vaikutusta NDF-kuituun. Ensimmäisessä sadossa nurminadan kuitupitoisuus oli timoteita ja seoskasvustoa selvästi alhaisempi. Nurminadalla korkeimmat NDF-kuidun pitoisuudet mitattiin vuonna 2015, kun taas timoteilla ja timotei-valtaisella seoskasvustolla jälkimmäisenä satokautena.

Toisessa sadossa nurminadan NDF-arvot eivät eronneet merkittävästi toisistaan eri satovuosina, kun taas timoteilla ja seoskasvustolla kuitupitoisuudet olivat korkeammat vuonna 2016. Myös toisessa niitossa nurminadan NDF-pitoisuudet olivat alhaisimmat, vaikkakin erot timoteihin ja seoskasvustoon olivat pienentyneet.

Kolmannessa sadossa puhdas- ja seoskasvustojen väliset erot tasoittuivat entisestään ja nurminadan NDF-pitoisuudet olivatkin timotei- ja seoskasvustoa korkeammat myöhäisimpänä niittoajankohtana kumpanakin satovuonna (Taulukko 6).

Taulukko 6: Vuonna 2015 ja 2016 havaitut sulavan NDF- kuidun arvot g/kg ka.

NDF		Nurminata 2015		Nurminata 2016		Timotei 2015		Timotei 2016		Seoskasvusto 2015		Seoskasvusto 2016	
Niitto aika		NDF g/kg ka		NDF g/kg ka		NDF g/kg ka		NDF g/kg ka		NDF g/kg ka		NDF g/kg ka	
Niittorytmi		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1,1													
1,2		451		512		553		576		533		575	
1,3		517		526		603		573		600		583	
Keskivirhe		8,0		5,8		3,9		4,0		3,4		4,1	
P-arvo		niitto aika		<0,001		0,003		<0,001		0,337		<0,001	
2,1													
2,2		500 a		500 a		498 a		506 a		516 a		558 a	
2,3		519 ab		526 b		530 b		529 b		553 b		559 a	
2,4		538 bc		547 bc		587 c		584 b		591 b		593 ab	
2,5		549 c		557 c		547 bc		547 bc		587 c		584 b	
Keskivirhe		niittorytmi*niitto aika		5,7		5,2		7,0		5,4		6,6	
P-arvo		niittorytmi		0,139		0,294		0,196		0,008		0,002	
		niitto aika		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
		niittorytmi*niitto aika		0,839		0,707		0,008		0,001		0,156	
3,1		496 a		480 a		525 a		517 a		496 a		495 a	
3,2													
3,3		577 b		548 b		535 a		543 b		537 b		538 b	
Keskivirhe		niittorytmi*niitto aika		8,5		7,5		7,9		7,0		7,0	
P-arvo		niittorytmi		0,038		0,946		0,984		0,927		0,028	
		niitto aika		<0,001		0,045		0,002		0,244		<0,001	
		niittorytmi*niitto aika		0,451		0,291		0,856		0,229		0,979	
538 a		508 a											
519 b		537 b											
5,5													
0,321													
0,406													
0,003													

## 5.5 Lehtialaindeksi

Niittorytmituksen ei havaittu selittävän lehtialaindeksin muutoksia, vaikkakin nurminadalla lehtialaindeksin ja niittorytmituksen välillä havaittiin tilastollista merkitsevyyttä vuonna 2016. Kokonaisuutena ensimmäisessä sadossa timotein lehtialaindeksi oli nurminataa korkeampi kumpanakin satovuonna ja lehtialan havaittiin olevan sitä suurempi mitä myöhemmin sadonkorjuu suoritettiin (Taulukko 7).

Toisessa sadossa nurminadan lehtiala kasvoi viimeiseen sadonkorjuuseen saakka, mutta timoteilla vuonna 2015 lehtiala oli korkeimmillaan jo toisessa niittoajankohdassa, minkä jälkeen lehtiala kääntyi laskuun. Tämän lisäksi jälkimmäisenä satovuonna, timotein LAI kasvoi voimakkaasti 1.-2. niittoajankohdan välillä, kun niittojen välinen ero oli ja 6 vuorokautta. Kokeen korkeimmat lehtialaindeksit mitattiin timoteilla ja nurminadalla vuonna 2016 myöhäisemmän niittorytmyksen 3. niittoajankohtana. (Taulukko 7).

Kolmannessa sadossa nurminadan lehtialaindeksi kääntyi laskuun viimeisenä niittoajankohdaksi. Vastaavasti timoteilla, lehtialaindeksin laskua ei havaittu, mutta mitatut lehtialaindeksit olivat kuitenkin alhaisempia kuin toisessa sadossa mitatut (Taulukko 7).

Taulukko 7: Lehtialaindeksit m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> timotei- ja nurminatakasvustoissa vuonna 2015 ja 2016.

LAI		Nurminata 2015		Nurminata 2016		Timotei 2015		Timotei 2016	
Niitto aika		LAI m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		LAI m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		LAI m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		LAI m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
Niittorytmi		1	2	1	2	1	2	1	2
1,1		3,2		2,8		3,7		4,1	
1,2		5,2		4,4		4,8		6,2	
1,3		5,7		6,1		6,2		6,5	
Keskivirhe		0,6		0,2		0,7		0,3	
P-arvo	niitto aika	0,015		<0,001		0,139		0,003	
2,1		5,9 a	6,7 a	5,8 a	6,1 a	6,7 a	6,7 a	4,7 a	5,3 a
2,2		8,1 b	7,6 b	6,7 ab	5,9 a	8,7 b	8,2 b	8,0 b	6,0 a
2,3		8,0 b	7,5 bc	6,7 ab	8,9 b	8,7 b	7,3 ab	8,0 b	9,3 b
2,4		7,5 b	8,1 bc	6,6 ab	8,1 c	5,2 c	7,4 ab	7,8 b	8,2 c
2,5		8,1 b	8,4 c	7,9 b	8,2 c	6,2 ac	6,4 a	8,7 b	7,7 c
Keskivirhe	niittorytmi*niitto aika	0,2		0,4		0,4		0,4	
P-arvo	niittorytmi	0,469		0,017		0,806		0,458	
	niitto aika	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
	niittorytmi*niitto aika	0,029		0,009		0,010		0,002	
3,1		5,4 a	6,2 a	6,0 a	4,9 a	5,3 a	6,3 a	6,7 a	4,5 a
3,2		5,9 ab	6,2 a	5,5 a	5,4 b	6,3 a	6,7 a	5,7 b	5,2 ab
3,3		5,5 b	4,5 a	5,0 b	5,1 b	6,4 a	6,0 a	5,7 b	5,5 b
Keskivirhe	niittorytmi*niitto aika	0,4		0,2		0,4		0,3	
P-arvo	niittorytmi	0,880		0,009		0,359		0,002	
	niitto aika	0,047		0,029		0,256		0,814	
	niittorytmi*niitto aika	0,095		0,006		0,234		0,012	

## 5.6. Päiväkasvu

Kokeessa kuiva-ainesadon päiväkasvu (kg ka/ha) laskettiin jakamalla muodostunut kuiva-ainesato edellisestä niitosta kuluneella ajalla (vrk). Toisen sadon päiväkasvun ja niittorytmyksen välillä havaittiin tilastollista merkitsevyyttä, lukuun ottamatta timoteita ja seoskasvustoa jälkimmäisenä koevuonna. Päiväkasvu havaittiin suuremmaksi vuonna 2016 ja aikaisemman

niittorytmin niittoajankohtien 2.1. ja 2.2 välillä päiväkasvujen ero oli nurminadalla 58 kg ka/ha/vrk ja timoteilla 35 kg ka/ha/vrk. Niittorytmien välillä aikaisemman niittorytmin kasvu oli nopeampaa vuonna 2015, kun taas jälkimmäisenä satovuonna myöhäisemmän niittorytmin. Ero oli erityisen merkittävä toisessa sadossa. (Taulukko 8).

Kolmannessa sadossa puhdas- ja seoskasvuston väliset erot tasoittuivat ja kasvunopeus laski mitä myöhemmin sadonkorjuu tapahtui. Aikaisemmassa niittorytmityksessä päiväkasvu oli suurempaa, mutta niittorytmien väliset erot jäivät pieniksi (Taulukko 8).

Taulukko 8: Nurminadan, timotein ja seoksen päiväkasvu kg ka/ha/vrk satovuosina 2015 ja 2016. Päiväkasvu laskettiin ensimmäisestä niitosta seuraavaan.

Kasvunopeus		Nurminata 2015		Nurminata 2016		Timotei 2015		Timotei 2016		Seoskasvusto 2015		Seoskasvusto 2016	
Niitto aika		Kasvunopeus/vrk kg ka/ha		Kasvunopeus vrk kg ka/ha		Kasvunopeus vrk kg ka/ha		Kasvunopeus vrk kg ka/ha		Kasvunopeus vrk kg ka/ha		Kasvunopeus vrk kg ka/ha	
Niittorytmi		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2,1		132 a	114 a	74 a	97 a	75 a	71 a	40 a	63 a	80 a	77 a	51 a	67 a
2,2		117 b	112 ab	81 a	96 a	91 ab	116 b	72 b	94 bc	98 b	102 b	75 b	89 b
2,3		118 b	102 ab	78 a	99 a	109 bc	96 c	79 bc	91 bc	107 bc	94 b	84 bc	96 b
2,4		101 c	105 ab	75 a	98 a	81 ab	91 c	83 c	98 bc	90 bc	97 b	79 bc	98 b
2,5		100 c	99 b	74 a	83 b	90 ab	100 bc	104 d	100 b	113 c	99 b	88 c	90 b
Keskivirhe	niittorytmi*niitto aika	3		0,2		7		3		5		4	
P-arvo	niittorytmi	0,001		<0,001		0,215		<0,001		0,167		<0,001	
	niitto aika	<0,001		<0,001		0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
	niittorytmi*niitto aika	0,010		0,038		0,091		0,001		0,085		0,023	
3,1		71 a	65 a	64 a	57 a	61 a	60 a	53 a	50 a	61 a	62 a	60 a	54 a
3,2		56 b	48 b	55 b	50 b	57 a	45 b	47 b	49 a	57 a	47 b	52 a	50 a
3,3		36 c	40 c	41 c	41 c	38 b	39 c	46 b	42 b	36 b	39 b	43 b	41 b
Keskivirhe	niittorytmi*niitto aika	2		2		2		2		3		3	
P-arvo	niittorytmi	0,003		0,001		0,015		0,29		0,279		0,073	
	niitto aika	<0,001		<0,001		<0,001		0,013		<0,001		<0,001	
	niittorytmi*niitto aika	<0,001		0,072		0,009		0,301		0,027		0,538	

## 5.7 Kasvu suhteessa lämpösummaan

Kokeessa kuiva-ainesadon kasvu suhteessa lämpösummaan laskettiin jakamalla kertynyt kuiva-ainesato niitosta seuraavaan niittoon kertyneellä lämpösummalla. Ensimmäisessä sadossa kasvunopeus ei vaihdellut merkittävästi puhdas- tai seoskasvustojen välillä. Vuonna 2015 puhdas- ja seoskasvustot kerryttivät biomassaa nopeammin suhteessa kertyneeseen lämpösummaan kuin vuonna 2016 (Taulukko 9).

Toisessa sadossa nurminata kasvoi nopeammin kuin timotei ja seoskasvusto. Lisäksi biomassaa kerrytettiin nopeammin vuonna 2015 aiemmassa niittorytmissä kun taas päinvastoin vuonna 2016 myöhemmässä (Taulukko 9).

Kolmannen sadossa päiväkasvujen erot satovuosien tai puhdas- ja seoskasvustojen välillä olivat vähäiset ja kasvun havaittiin hidastuvan. Kuitenkin vuonna 2015 myöhäisemmän niittorytmin kasvit kerryttivät biomassaa nopeammin kuin aikaisemmassa niittorytmissä (Taulukko 9).

Taulukko 9: Nurminadan, timotein ja seoskasvuston kasvunopeus suhteessa kertyneeseen lämpösummaan kg ka/ha/ °C vrk. Kasvuun käytettävä lämpösumma laskettiin ensimmäisessä sadossa lämpösumman muodostumisen alkamisesta ja myöhemmissä sadoissa niittojen välillä kertyneestä lämpösummasta.

Kasvunopeus		Nurminata 2015		Nurminata 2016		Timotei 2015		Timotei 2016		Seoskasvusto 2015		Seoskasvusto 2016	
Niitto aika		Kasvunopeus/vrk°C kg ka/ha		Kasvunopeus/vrk°C kg ka/ha		Kasvunopeus/vrk°C kg ka/ha		Kasvunopeus/vrk°C kg ka/ha		Kasvunopeus/vrk°C kg ka/ha		Kasvunopeus/vrk°C kg ka/ha	
Niittorytmi		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1,1		10,2		8,5		11,7		11,9					
1,2		14,0		13,0		18,1		15,7		16,9		15,6	
1,3		16,3		15,7		18,4		17,4		18,5		17,3	
Keskivirhe		1,2		0,4		1,0		0,5		0,5		0,2	
P-arvo	niitto aika	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		0,001		<0,001	
2,1		14,6 a	12,2 a	7,5 a	8,8 a	8,3 a	7,5 a	4,1 a	5,7 a	8,8 a	8,2 a	5,2 a	6,1 a
2,2		13,2 ab	11,4 ab	7,9 ab	8,7 a	10,2 ab	11,9 b	7,0 b	8,6 b	11,0 b	10,4 b	7,3 b	8,1 bc
2,3		12,8 b	10,4 bc	7,3 abc	8,9 a	11,8 b	9,7 c	7,4 b	8,1 b	11,6 b	9,6 bc	7,9 b	8,6 bc
2,4		10,8 c	10,4 bc	6,8 ac	8,4 a	8,7 a	9,1 ac	7,6 b	8,4 b	9,6 b	9,6 bc	7,2 b	8,4 bc
2,5		10,5 c	9,8 c	6,5 c	7,0 b	9,4 a	9,8 b	9,1 c	8,5 b	11,9 b	9,8 b	7,7 b	7,6 b
Keskivirhe	niittorytmi*niitto aika	0,3		2,2		0,7		0,3		0,5		0,3	
P-arvo	niittorytmi	<0,001		0,855		0,854		<0,001		0,001		<0,001	
	niitto aika	<0,001		0,001		0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
	niittorytmi*niitto aika	0,014		0,129		0,124		0,002		0,102		0,089	
3,1		6,7 a	6,6 a	5,7 a	5,5 a	5,8 a	6,1 a	4,7 ab	4,8 a	5,8 a	6,3 a	5,3 a	5,2 a
3,2		5,9 b	5,2 b	5,4 a	5,4 a	6,0 a	4,9 b	4,5 a	5,3 a	6,0 a	5,1 b	5,1 a	5,5 a
3,3		4,0 c	4,9 b	4,6 b	5,0 a	4,3 b	4,8	5,1 b	5,1 a	4,1 b	4,8 b	4,8 a	5,0 a
Keskivirhe	niittorytmi*niitto aika	0,2		0,2		0,2		0,2		0,3		0,3	
P-arvo	niittorytmi	0,671		0,449		0,489		0,140		0,453		0,283	
	niitto aika	<0,001		<0,001		<0,001		0,252		<0,001		0,135	
	niittorytmi*niitto aika	<0,001		0,202		0,002		0,177		0,011		0,471	

## 5.8. Kehitysaste

Virallisten lajikekokeiden mukaan nurminadan sadonkorjuu suoritetaan 1. sadossa röyhylle-tulon alussa (5-10 % röyhystä täysin puhjennut), 2. sadossa heinäkuun puolenvälin jälkeen ja 3. sadossa elo-syyskuun vaihteessa. Timoteilla vastaavat sadonkorjuuajat ovat: 1. sadossa kun tähkistä 10–15 % on näkyvillä, 2. sadossa elokuussa tai kun tähkiä on näkyvillä 20–30 % ja 3. sadossa elo-syyskuun vaihteessa (Niskanen 2016).

Nurminadalla toisen sadon kehitysasteessa ei havaittu muutoksia, vaan kaikilla koeruuduilla 1–2 lehtituppea oli pidentynyt (kehitysaste 21 tai 22). Ensimmäisen sadon osalta nurminata-



kasvustot pysyivät keskimäärin tupen pidentymisvaiheessa, paitsi vuonna 2016, jolloin myöhäisimpänä niittoajankohtana kasvusto oli solmujen muodostumisvaiheessa (kasvuaste  $\geq 30$ ) (Taulukko 10).

Timoteilla havaittiin nurminataa suurempia eroja kehitysasteessa eri niittoaikojen välillä. Vuonna 2015 erot ensimmäisessä niitossa niittoaikojen välillä olivat jälkimmäistä satovuotta suuremmat, ja niittoajat olivat kehitysasteella tupen pidentymisestä tupen turpoamiseen. Toisessa sadossa timotei kehittyi ensimmäisen niittoajankohdan tupen pidentymisvaiheesta solmujen muodostumisvaiheeseen. Kolmannessa niitossa kehitysaste ei muuttunut merkittävästi eri niittoajankohtien välillä kumpanakaan satovuonna (Taulukko 10).

Taulukko 10: Nurminadan ja timotein kehitysasteet (S&P, Simon ja Park 1983b) niittoajankohdittain ja niittorytmittain vuosina 2015 ja 2016 (n=1).

Kehitysaste Simon & Parks		Nurminata 2015		Nurminata 2016		Timotei 2015		Timotei 2016	
Niitto aika	Niittorytmi	Kehitysaste S&P		Kehitysaste S&P		Kehitysaste S&P		Kehitysaste S&P	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1,1		25		24		27		29	
1,2		27		24		32		34	
1,3		30		33		46		33	
2,1		22	22	22	22	24	22	23	23
2,2		22	22	22	22	25	22	24	25
2,3		22	22	22	21	27	30	27	26
2,4		22	22	23	22	30	32	29	32
2,5		22	22	22	22	35	31	30	30
3,1		22	21	22	22	24	23	25	24
3,2		22	22	22	22	24	23	26	23
3,3		22	21	22	22	24	23	24	25

## 5.9. Lehti-korsisuhde

Lehtien osuus korren ja lehtien muodostamasta biomassasta puhdaskasvustoissa kasvoi kasvukauden aikana. Erityisesti timoteilla satojen välinen ero oli merkittävä ja lehtien osuus kolmannen sadon kokonaisbiomassasta oli 1,8-kertainen verrattuna ensimmäiseen satoon. Nurminadalla lehtien osuus sadosta oli suurempi kaikissa kolmessa sadossa, eikä satovuosien välillä havaittu tilastollisesti merkittävää eroa lehtien osuudessa (Taulukko 11).

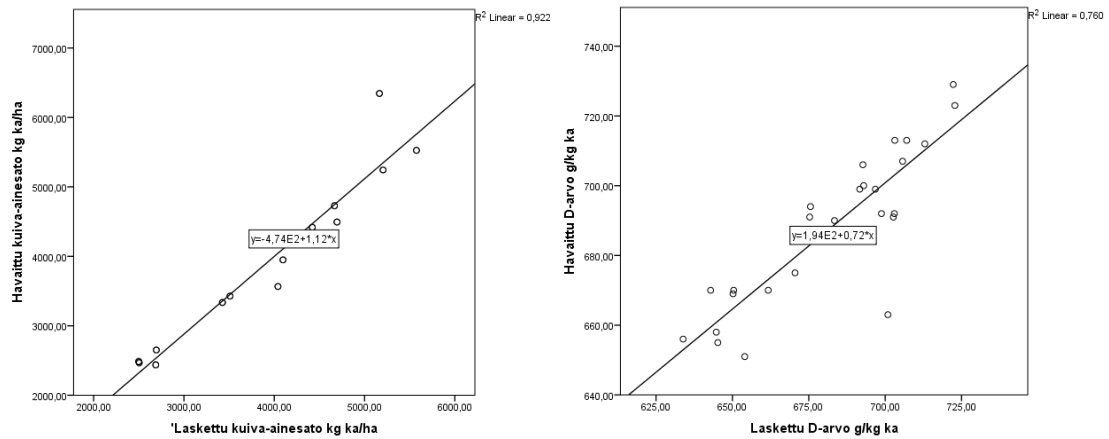
Taulukko 11: Lehtien osuus prosentteina lehtien ja korren kuiva-ainesadosta timotein ja nurminadan puhdaskasvustoissa.

Lehtien osuus %		Nurminata 2015		Nurminata 2016		Timotei 2015		Timotei 2016	
Niitto aika		Lehti-korsisuhde lehtien osuus %		Lehti-korsisuhde lehtien osuus %		Lehti-korsisuhde lehtien osuus %		Lehti-korsisuhde lehtien osuus %	
Niittorytmi		1	2	1	2	1	2	1	2
1,1									
1,2		67		60		51		43	
1,3		70		55		43		40	
Keskivirhe			3		4		10		2
P-arvo	niitto aika		0,497		0,370		0,399		0,218
2,1									
2,2		84	87	75	91	68	74	79	71
2,3		87	84	90	88	59	62	69	61
2,4		87	85	91	88	51	56	65	43
2,5		82	83	90	89	52	48	50	45
Keskivirhe	niittorytmi*niitto aika		2		5		2		5
P-arvo	niittorytmi		0,827		0,448		0,210		0,004
	niitto aika		0,119		0,416		<0,001		<0,001
	niittorytmi*niitto aika		0,310		0,178		0,150		0,261
3,1		0,88	0,93	93	93	87	86	86	78
3,2									
3,3		0,89	0,90	93	91	79	79	75	70
Keskivirhe	niittorytmi*niitto aika		0,01		1		2		2
P-arvo	niittorytmi		<0,001		0,010		0,940		0,012
	niitto aika		0,059		0,050		0,007		0,002
	niittorytmi*niitto aika		0,008		0,003		0,708		0,443

### 5.10 Seoskasvuston kasvun ja sulavuuden ennustaminen puhdaskasvustojen perusteella

Seoskasvuston kuiva-ainesatoa ja D-arvoa verrattiin puhdaskasvustoista laskettuihin seoskasvustoihin. Laskettu seos oli lajisuhteella painotettu puhdaskasvustojen keskiarvo.

Havaittiin, että kuiva-ainesadon osalta havaitut ja laskennalliset arvot vastasivat paremmin toisiaan kuin D-arvon osalta. Kuiva-ainesadon osalta selitysaste oli korkea, ja laskennalliset ja havaitut kuiva-ainesadot selittivät toisiaan kohtuullisesti. D-arvon osalta hajonta oli suurempaa ja selitysaste jäi alhaisemmaksi. Laskennalliset ja havaitut D-arvot selittivät toisiaan vain vähäisesti (Kuva 5).



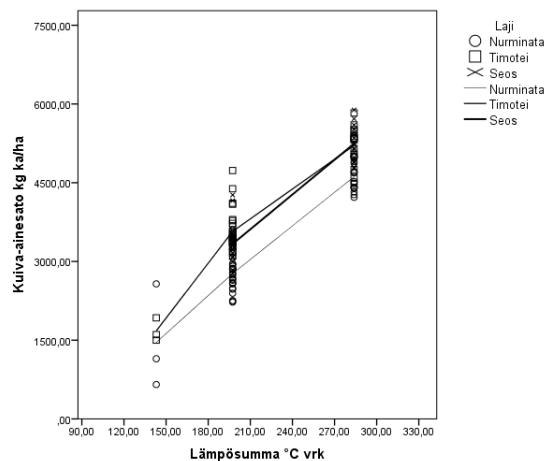
Kuva 5: Seoskasvuston ja puhdaskasvustojen perusteella laskettujen kasvustojen kuiva-ainesadon (vasen) ja D-arvon (oikea) välinen korrelaatio. Laskettu seos oli lajisuhteella painotettu puhdaskasvustojen keskiarvo.

### 5.11 Lämpösumma suhteessa kuiva-ainesatoon ja D-arvoon ensimmäisessä sadossa

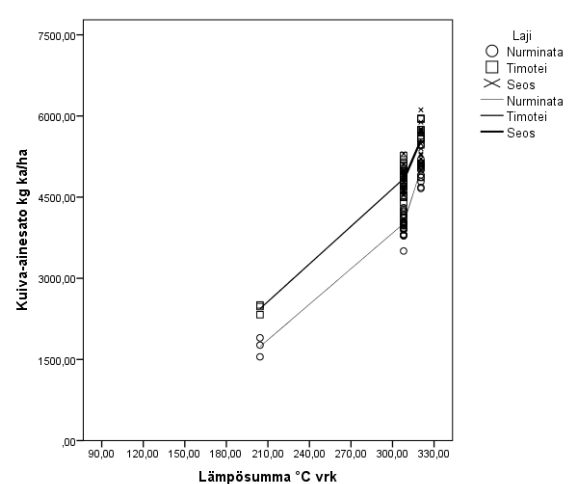
Timotein puhdaskasvusto ja timotei–nurminata-seoskasvusto tuottivat korkeimmat kuiva-ainesadot kumpanakin kasvukautena. Seoskasvuston vertailu oli puhdaskasvustoja vaikeampaa, koska seoskasvustolla oli vain kaksi niittoajankohtaa ensimmäisessä sadossa (Kuva 6).

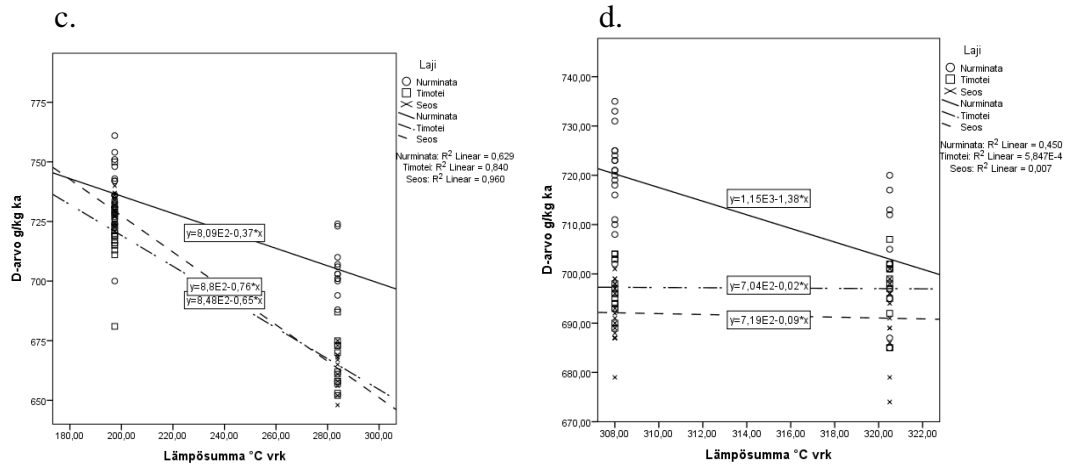
Lämpösumman ja D-arvon välisestä riippuvuudesta saatiin ristiriitaiset tulokset satovuosien välillä. Vuonna 2015 lämpösumman ja D-arvokehityksen välillä oli korkea selitysaste, kun vastaavasti toisena koivuonna selitysaste jäi alhaiseksi ja erot kasvilajien välillä olivat suuret. Vastaavasti vuonna 2015 timotei–nurminata-seoksella lämpösumman ja D-arvon välillä oli korkea selitysaste, kun jälkimmäisenä vuonna se oli alhainen (Kuva 6).

a.



b.

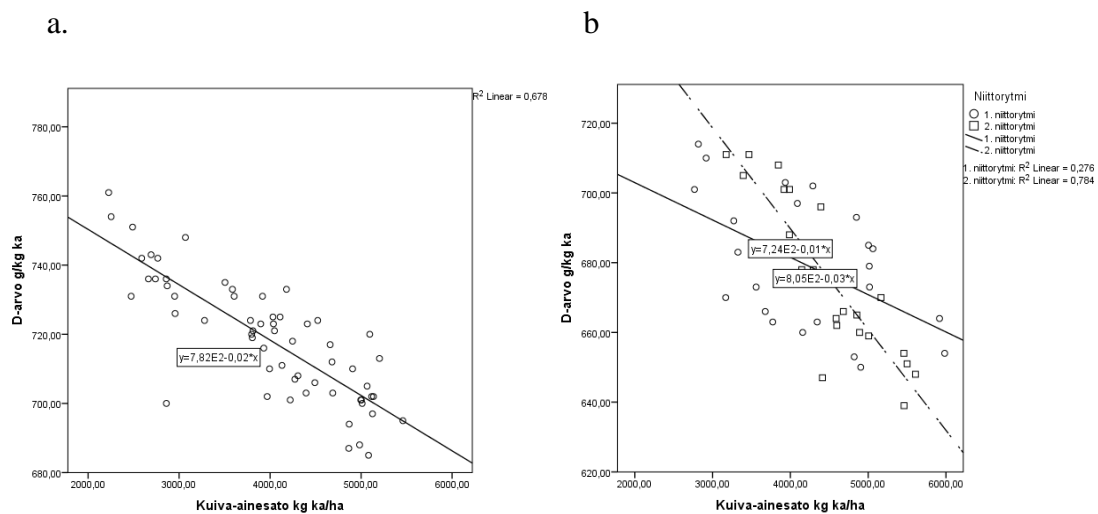




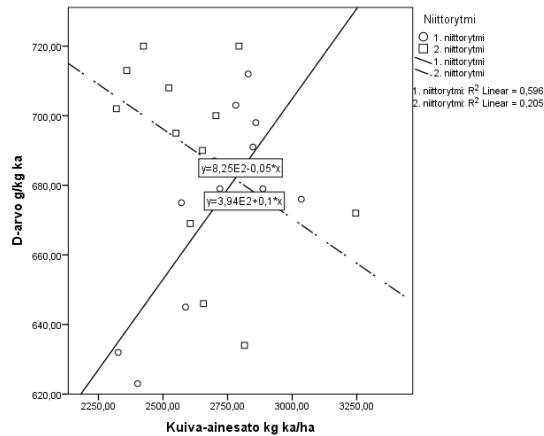
Kuva 6: Lämpösumma suhteessa kuiva-ainesatoon vuonna 2015 (a) ja 2016 (b) sekä suhteessa sulavuuteen vuonna c) 2015 (c) ja 2016 (d).

## 5.12 Kuiva-aineen ja D-arvon välinen korrelaatio eri niitoissa

Kuiva-ainesadon ja D-arvon välistä yhteyttä testattiin kokeessa selitysastein. Nurminadan 1. kuiva-ainesato selitti hyvin sen sulavuutta ( $R^2=0,68$ ): D-arvo laski nopeasti kuiva-ainesadon noustessa: 50 kuiva-ainekilon lisäys laski D-arvoa yhden gramman. Toisen ja kolmannen sadon osalta tulokset olivat ristiriitaisia: toisessa sadossa myöhäisemmän niittorytmin kuiva-ainesato selitti sulavuutta ( $R^2=0,78$ ) selvästi aiempaa niittorytmiä paremmin ( $R^2=0,28$ ). Vastaavasti kolmannen sadon aiemman niittorytmin kuiva-ainesato selitti sulavuutta paremmin ( $R^2=0,59$ ) kuin myöhäisemmässä niittorytmin ( $R^2=0,21$ ) (Kuva 7).



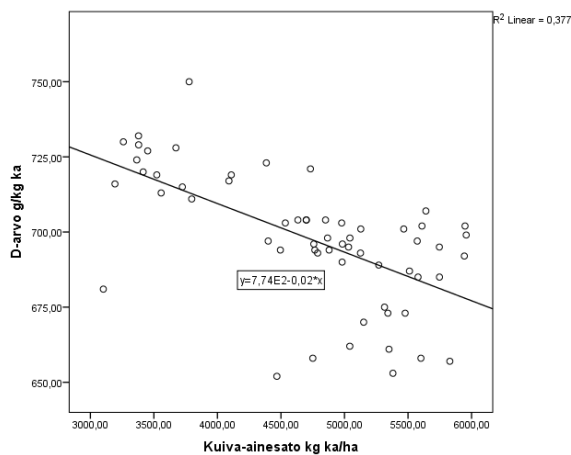
C.



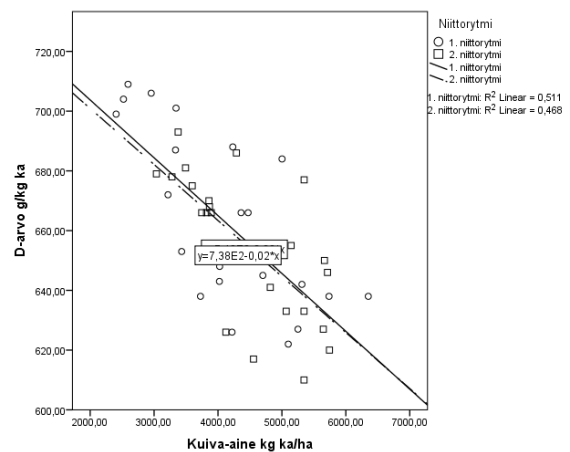
Kuva 7: Nurminadan kuiva-ainesadon ja D-arvon välinen korrelaatio ensimmäisessä (a), toisessa (b) ja kolmannessa (c) niitossa.

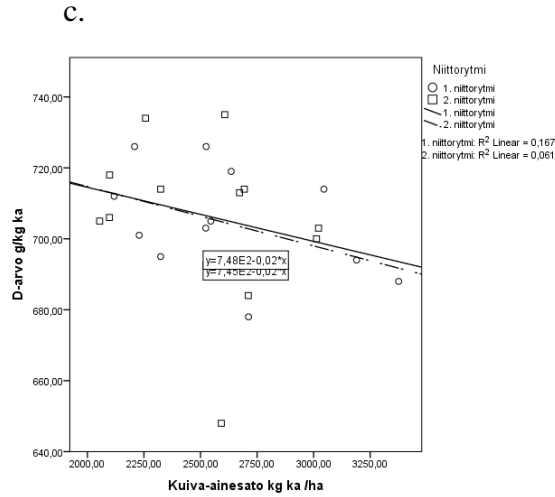
Timoteilla kuiva-aine ei selittänyt sulavuutta yhtä hyvin 1. sadossa kuin vastaavasti nurminadalla, jonka vuoksi selitysaste jäi alhaisemmaksi ( $R^2=0,38$ ). Lisäksi toisessa sadossa D-arvon ja kuiva-ainesadon välistä yhteyttä ei havaittu. Sen sijaan kolmannessa sadossa kuiva-ainesadon havaittiin selittävän sulavuutta paremmin ja selitysaste oli aikaisemmassa niittorytmissä ( $R^2=0,51$ ) myöhempää niittorytmiä korkeampi ( $R^2=0,47$ ) (Kuva 8).

a.



b.

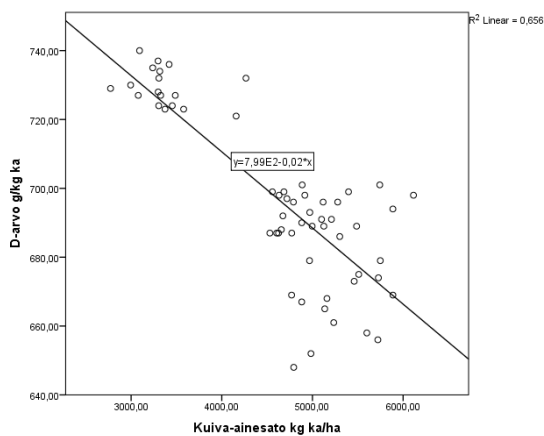




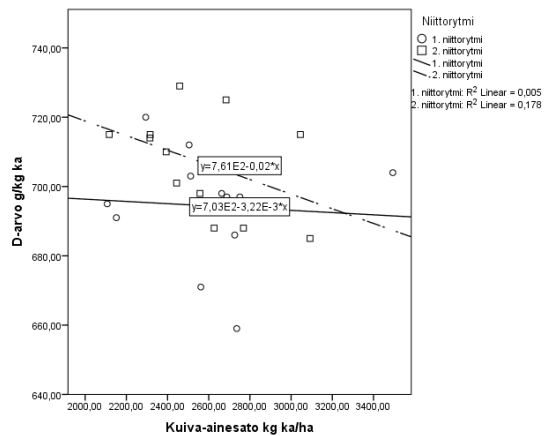
Kuva 8: Timotein kuiva-ainesadon ja D-arvon välinen korrelaatio ensimmäisessä (a), toisessa (b) ja kolmannessa (c) niitossa.

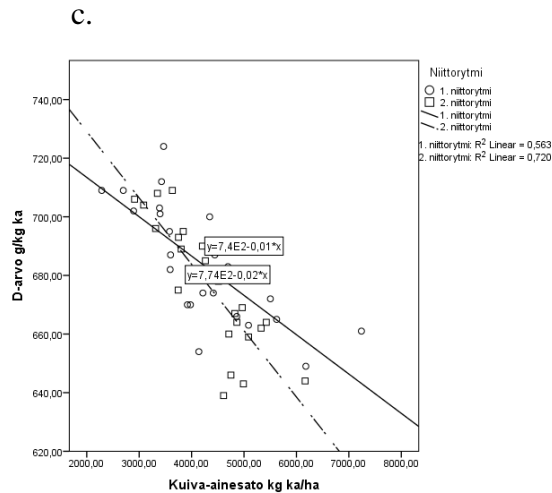
Seoskasvustossa tulokset olivat samansuuntaisia kuin timotein ja nurminadan puhdaskasvustoissa. Ensimmäisessä sadossa kuiva-ainesato selitti sulavuutta hyvin ja selitysaste oli korkea ( $R^2=0,66$ ). Toisessa sadossa kuiva-aineen ja sulavuuden välillä ei havaittu yhteyttä ja selitysasteet jäivät alhaisiksi. Kolmannessa sadossa kuiva-ainesadon havaittiin selittävän sulavuutta hyvin ja selitysaste oli suurempi myöhäisemmässä ( $R^2=0,72$ ) kuin aikaisemmassa niittorytmissä ( $R^2=0,56$ ) (Kuva 9).

a.



b.



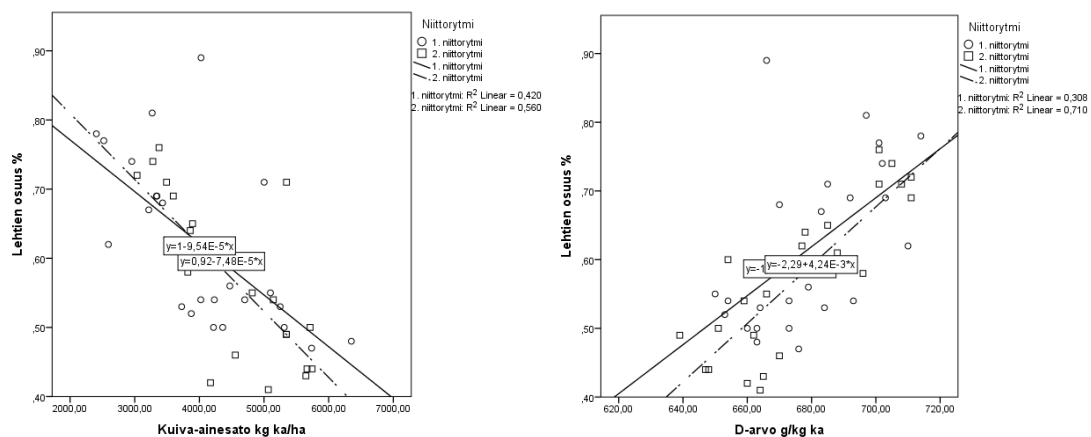


Kuva 9: Timotei–nurminata-seoskasvuston kuiva-ainesadon ja D-arvon välinen korrelaatio ensimmäisessä (a), toisessa (b) ja kolmannessa (c) niitossa.

### 5.13 Lehtien osuus

Kokeessa verrattiin lisäksi lehti-korsisuhteen vaikusta muodostuneeseen kuiva-ainesatoon ja sulavuuteen. Nurminadalla ei havaittu korrelaatiota lehtien osuuden ja kuiva-ainesadon tai D-arvon välillä yhdessäkään kolmesta niitosta. Timoteillakin lehti-korsisuhde selitti kuiva-ainesatoa ja sulavuutta ainoastaan toisessa sadossa, mutta ei ensimmäisessä eikä kolmannessa. Selitysasteen havaittiin olevan korkeampi myöhäisemmässä niittorytmissä kuin aikaisemmassa (Kuva 10).

Kuva 10: Lehtien osuuden % ja kuiva-ainesadon kg ka/ha (vasen) sekä lehtien osuuden % ja D-arvon g/kg ka (oikea) välinen korrelaatio timoteilla.



## 6 TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1. Sääolosuhteet

Kasvuolosuhteet erosivat toisistaan koevuosina merkittävästi. Vuonna 2015 viileä kevät hidasti ensimmäisen kuiva-ainesadon muodostumista, kun vastaavasti vuonna 2016 lämmin sää ja nopeasti kertynyt lämpösumma nopeuttivat kuiva-ainesadon muodostumista 1. sadossa. Lämpimän kasvukauden on havaittu vaikuttavan merkittävästi muodostuvaan kokonaiskuiva-ainesatoon ja se selittää mahdollista satovaihtelua -6 %:sta 13 %:iin (Mäkinen 2017).

Vuosi 2015 taas oli sateinen ja runsaat sateet kerryttivät toista kuiva-ainesatoa, kun vastaavasti vuonna 2016 alkukesän kuivuus heikensi toisen sadon muodostumista. Runsaan sadannan vaikutukset kuiva-ainesadon muodostumiseen on havaittu selittävän 14 % kokonaiskuiva-ainesadon muutoksista (Mäkinen 2017). Kolmannen sadon osalta sääolosuhteilla ei havaittu merkittävää vaikutusta sadonmuodostumiseen.

Vuoden 2015 sääolosuhteet olivat pitkän ajan keskiarvoon verrattuna lähempänä tavanomaista säättä. Kuitenkin ilmastonmuutos vaikuttaa ja tulee vaikuttamaan kasvuolosuhteisiin, jolloin vuoden 2016 kuiva ja lämmin kevät ja alkukesä tulevat yleistymään (Olesen ym. 2011). Ilmastonmuutoksen myötä satotasojen ennustetaan kuitenkin kasvavan, mikä johtuu korkeammista lämpötiloista ja pidemmästä kasvukaudesta. Sen sijaan yksittäisen sadon kuiva-ainesadot eivät todennäköisesti suurene, vaan kasvaneet sadot johtuvat sadonkorjuukertojen lisääntymisestä. Suomen olosuhteissa tämä tarkoittaa kolmen sadon korjaamisen yleistymistä entistä pohjoisempana (Höglind ym. 2013).

### 6.2. Niittorytmitys

Kokeen tavoitteena oli havainnoida aikaisemman ja myöhemmän niittorytmityksen vaikutusta satoon ja tärkeimpiin satoparametreihin. Niittorytmityksen vaikutukset satoparametreihin olivat vaihtelevia ja niitto aika selitti saatuja havaintoja niittorytmiä paremmin. Niittojen ajoittamisesta saadut tulokset olivat samansuuntaisia kuin aiemmin Suomessa toteutetuissa tutkimuksissa (Kykkänen ym. 2016, Hyrkäs ym. 2016a). Ensimmäisen sadon korjuuajankohdan määrittää kevätkasvun sulavuus. Toinen sato on sulavuudeltaan



huonompaa, jonka vuoksi sen korjuu tulisi tehdä riittävän aikaisin, jotta kolmannelle sadolle jää riittävästi aikaa kasvuun. Tarkkaa sadonkorjuu-strategiaa on vaikeaa määrittää ennalta; siihen vaikuttavat kasvukauden olosuhteet sekä viljelijän tavoitteet sadon määrän ja laadun suhteen (Flaten ym. 2015). Voidaan kuitenkin todeta, että sadonkorjuun suunnittelun merkitys tulee kasvamaan muuttuvissa olosuhteissa ja tulee olemaan tärkeä osa tilan riskienhallintaa (Kässi ym. 2015).

Mahdollisissa jatkotutkimuksissa niittorytmejä voisi olla vielä useampia ja niittorytmien vaikutusten tarkastelun voisi ulottaa kolmelle tai neljälle kasvukaudelle pidempiaikaisten vaikutusten havaitsemiseksi. Tutkimusnäkökulmaa voisi myös laajentaa, ja eri niittostrategioita voitaisiin tarkastella erilaisten karjatilojen kannalta, joilla on käytettävissään erilaiset resurssit säilörehuntuotantoon ja erilainen tuotantostrategia. Tällöin voitaisiin saada kohdennettuja tutkimustuloksia näille tiloille.

### 6.3 Jälleenkasvu

Hyvällä jälleenkasvukyvyllä on suuri merkitys valittaessa käytettävää nurmikasvilajia tai -lajiketta. Kokeessa nurminadan uudelleenkasvukyky havaittiin odotetusti timoteita paremmaksi. Erot kuitenkin tasoittuivat, kun kasvuun oli käytettävissä enemmän aikaa (Bonesmo ja Skjelvåg 1999). Lisäksi sääolosuhteiden vaikutus uudelleenkasvuun oli selkeä, ja tästä syystä uudelleen kasvussa havaittiin eroja eri satovuosina. Erityisesti timotei lähti hitaasti kasvuun toisen niiton ensimmäisinä niittoajankohtina. Hidasta kasvuunlähtöä voi selittää niittoajankohdan kuivuus, jonka on havaittu hidastavan sivuversojen muodostumista ja hidastavan jälkikasvua (Langer 1959, Herrmann ym. 2005). Toinen selittävä tekijä on timotein sivusilmujen dormanssi (Virkajärvi ja Pakarinen 2012). Tämän lisäksi jälleenkasvukyvyn ja vegetatiivisten versojen määrällä on positiivinen korrelaatio sekä nurminadalla että timoteilla, mikä voi selittää nurminadan parempaa jälleenkasvua (Virkajärvi 2003). Bonesmon (2000) mukaan kasvu on voimakkainta lehdenmuodostusvaiheessa, ja hänen tekemänsä selvityksen perusteella maksimaaliset kasvunopeudet timoteilla vaihtelevat välillä 114–256 kg ka/ha/vrk ja nurminadalla välillä 95–273 kg ka/ha/vrk kasvunopeuden ollessa suurinta ensimmäisessä sadossa.

Nurmilajilla ei havaittu olevan suurta merkitystä jälleenkasvun kannalta toisen niiton jälkeen. Toinen niitto tulisi kuitenkin suorittaa ajoissa, jotta kolmas kuiva-ainesato ehtii kasvaa lyhenevässä päivässä (Kykkänen ym. 2016).

Tutkimuksen koeasettelu painottui tarkastelemaan toista ja kolmatta satoa, ensimmäisen sadon koejäsenet 2–10 ja 11–15 yhdistettiin kumpanakin vuonna. Tästä syystä myöhäisen

kolmannen niiton vaikutuksia seuraavan vuoden kevätkasvuun ei voitu havainnoida. Aikaisempien tutkimusten mukaan myöhäinen kolmas niitto heikentää seuraavan vuoden ensimmäistä kuiva-ainesatoa kuluttamalla kasvin hiilireservejä (Jing ym. 2013).

#### **6.4. Kuiva-ainesato**

Kuiva-ainesadon muodostumiseen vaikuttivat voimakkaasti sääolosuhteet, mikä havaittiin erilaisina tuloksina eri satovuosina. Suurimmat kuiva-ainesadot mitattiin kumpanakin vuonna myöhemmässä niittorytmissä, koska aikaa kuiva-aineen kasvulle kahdessa ensimmäisessä niitossa oli enemmän. Niittorytmien välinen ero havaittiin lähinnä toisessa sadossa, kun vuonna 2015 suuremmat kuiva-ainesadot mitattiin aiemmassa niittorytmissä ja vuonna 2016 myöhemmässä.

Kuiva-ainesadon määrät olivat keskimäärin alhaisempia kuin aiemmissa tutkimuksissa ensimmäisessä ja toisessa sadossa ja samaa tasoa kolmannessa sadossa (Hyrkäs ym. 2012, Kykkänen ym. 2016). Kykkäsen ym. (2016) mittaamat keskimääräinen kuiva-ainesato oli ensimmäisessä sadossa 5300 kg ka/ha, toisessa sadossa 4300 kg ka/ha ja kolmannessa sadossa 2300 kg ka/ha. Kasvukausien väliset erot kertyneessä kuiva-ainesadossa ovat suuria ja tämä tukee Herrmannin ym. (2005) esittämää 8-10 % vaihtelua kuiva-ainesadossa vuosittain.

Kolmannessa sadossa niittoajankohdan myöhästyttämisellä ei havaittu olevan suurta vaikutusta kuiva-ainesadon kasvuun, vaan kuiva-ainesadot kääntyivät laskuun tai kasvu hidastui viimeisinä niittoajankohtina. Tällöin sadon myöhästyttämisestä saatava hyöty jäi vähäiseksi. Kasvun hidastumista saattavat selittää vähentynyt auringon säteilyn määrä, alhaiset lämpötilat ja kasvien valmistautuminen talveen. Huomiot olivat siis samansuuntaisia kuin aiemmissa tutkimuksissa (Kykkänen ym. 2016, Hyrkäs ym. 2016a).

#### **6.5. Sulavuus**

Niittorytmin vaikutukset D-arvoon olivat ristiriitaisia timotein, nurminadan ja seoskasvuston välillä eri satovuosina, ja selkeämpi yhteys havaittiin niittoajan ja D-arvon välillä. Ensimmäisessä sadossa D-arvon lasku oli timoteilla ja seoskasvustolla voimakkaampaa kuin nurminadalla. Tätä voi selittää timotein voimakas kasvu, nurminataa korkeampi ke-

hityaste sekä alhaisempi lehtien osuus. Sulavuuden heikkeneminen oli nopeampaa ensimmäisessä sadossa kuin myöhemmissä sadoissa. Tätä voi selittää generatiivisten versojen suuri määrä ensimmäisessä sadossa. Generatiiviset versot sisältävät paljon kortta, jonka ligniinipitoisuus on lehtiä suurempi. (Lattemae ja Tamm 1997, Kuoppala ym. 2008, Kärkönen ym. 2014).

Kokeessa mitatut D-arvot olivat linjassa aiempien tutkimusten kanssa, mutta hieman korkeampia kuin Kuoppalalla (2010), joka mittasi niittoajankohtien D-arvon keskiarvoksi 677 g/kg ja toisen sadon 655 g/kg. Havaittua eroa saattavat kasvukauden olosuhteet ja se että tutkielman aineistossa ensimmäiset niitot tehtiin hyvin aikaisessa vaiheessa. Kuoppalan (2010) tutkimus kuitenkin tuki havaintoa toisen sadon D-arvo oli alhaisemmasta D-arvosta.

Ensimmäisen sadon D-arvon nopeaa laskua selittää sulavuuden laskun ja ligniinipitoisuuden välinen yhteys, joka on havaittu ensimmäisessä niitossa, muttei enää seuraavissa niitoissa. (Narasimhalu ym. 1982). Toisessa sadossa timotein D-arvo laski nopeammin toisessa sadossa kuin nurminadalla ja seoskasvustolla. Timoteilla D-arvon alenemisen ja kehitystason välillä havaittiin yhteys. Samaa ei havaittu nurminadalla, vaan kehitystase pysyi samana niittorytmistä tai -ajankohdasta huolimatta. Kehitystason muuttumattomuutta selittää se, että nurminadan toinen sato koostui pääasiassa vegetatiivisista versoista (Kuoppala 2010) Lisäksi nurminadan lehtien määrä oli korkeampi kuin timoteilla. Seoskasvuston D-arvokehitys mukaili nurminataa, vaikka nurminadan osuus seoskasvustosta oli vain 30–50 %.

D-arvon perusteella oikea niittoaika toiselle sadolle olisi timoteilla niittorytmien ensimmäisten niittojen välillä (lämpösumma 420–600 °C vrk), nurminadalla ennen aikaisemman niittorytmin toista niittoaikaa (510–600 °C vrk) ja seoskasvustossa niittorytmien toisten niittoajankohtien välillä (510–680 °C vrk). Kuiva-ainesadon osalta tämä tarkoittaa maksimaalisesti 3500 kilogramman kuiva-ainesatoa, kun tavoitellaan säilörehua, jonka D-arvo on 690 g/kg ka.

D-arvon havaittiin pysyvän korkeana kolmannessa niitossa vielä viimeisinäkin niittoajankohtina, eikä niittorytmien välillä havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kumpanakaan

satovuonna. Korkeaa D-arvoa saattaa selittää lehtien osuuden suuri määrä: lehtien ligniinipitoisuuden on havaittu olevan kortta alhaisempi, mikä selittää parempaa sulavuutta (Morrison 1980). Toinen selittävä tekijä voi olla viileä kasvulämpötila, joka hidastaa ligniinisynteesiä nurmissa (Van Soest ym. 1978). Vaikka D-arvo säilyy korkeana kolmannessa sadossa, ei niiton myöhästyttämisellä saatu aikaan merkittävää kuiva-ainesadon määrän kasvua. Kuolleen aineksen määrä kasvaa myöhäisempinä niittoajankohtina, vaikka D-arvo säilyisikin korkeana (Hyrkäs ym. 2016a). Tämä heikentää säilörehusadon syöntiä (Sairanen ja Juutinen 2013, Hyrkäs ym. 2016a), minkä lisäksi lehti-korsisuhteen heikkenemisen ja kuolleen aineksen lisääntymisen on havaittu vaikuttavan merkittävästi sulavuuden heikkenemiseen (Bonesmo 2000).

Aiemmissa tutkimuksissa nurminadalla ja timoteilla ei ole havaittu merkittävää eroa sulavan kuiva-ainesadon määrässä kolmen eri niittojen välillä, kun sato korjattiin tähkälletulovaiheessa. Havaittiin, että sadon määrä oli korkein ensimmäisessä niitossa, alhaisempi toisessa niitossa ja hieman korkeampi kolmannessa niitossa (Ostrem ym. 2013). Timotein osalta kuitenkin toisen niiton sulavuus oli nurminataa huonompi. Kun niitto tehtiin tähkälletulovaiheessa, sulavan sadon määrä oli nurminadalla korkeampi kaikissa niitoissa ensimmäistä niittoa lukuun ottamatta (Ostrem ym. 2013).

## **6.6 Lämpösumman vaikutukset kuiva-ainesatoon ja sulavuuteen 1. sadossa**

Koetulosten perusteella tutkittiin lämpösumman vaikutusta kuiva-ainesadon ja D-arvon kehittymiseen. Lämpösumman havaittiin selittävän kuiva-ainesatoa 1. sadossa ja timotein ja seoskasvuston kuiva-ainesadot olivat nurminataa korkeammat. Tämä on havaittu aiemmissa tutkimuksissa ja timotein kevätkasvu on nurminataa nopeampaa, mikä selittää myös seoskasvuston korkeampaa satoa, sillä timoteipitoisuus seoskasvustossa oli ensimmäisessä sadossa korkea (Virkajärvi ja Järvenranta 2001).

Lämpösumman kehittymisen ja D-arvon välillä havaittiin negatiivinen korrelaatio, joka oli voimakkaampaa vuonna 2015 ja jälkimmäisen tutkimusvuoden heikompia tuloksia saattavat selittää lämpösumman voimakas kertyminen ja niittoajankohtien läheisyys. Lämpösumman on havaittu vaikuttavan nurmikasvuston sulavuuteen kehitysasteen välityksellä, mikä tarkoittaa että korkeissa lämpötiloissa nurmikasvusto vanhenee nopeammin, mikä heikentää sulavuutta (Nordheim-Viken ja Volden 2009).

## 6.7 NDF-kuitu

Kokeessa havaitut NDF-pitoisuudet olivat samansuuntaisia aiempien tutkimusten kanssa, joissa 2. sadon keskimääräiseksi NDF-pitoisuudeksi mitattiin 580 g/kg ka ja 3. sadon 500 g/kg ka. Samalla havaittiin, että 2. sadon NDF-pitoisuus pysyi tasaisena niittoajankohdasta riippumatta (Hyrkäs ym. 2012). Samaa ei kuitenkaan havaittu tässä kokeessa, jossa NDF-kuidun määrä kasvoi ja oli suurinta pääosin myöhäisimpinä niittoaikoina. NDF-kuidun on kuitenkin havaittu kasvavan hitaammin ensimmäisessä kuin toisessa niitossa (Lindberg 1988), ja Kuoppalan (2010) aiempien tutkimusten NDF-arvoista tehdyn meta-analyysin mukaan NDF-pitoisuus kasvaa päivässä 4,6 g/kg ka ensimmäisessä sadossa, kun toisessa sadossa NDF-pitoisuuden päiväkasvu on vain 0,8 g/kg ka. NDF-pitoisuuden kasvun negatiivinen vaikutus rehun syöntiin on todettu aiemmissa tutkimuksissa (Rinne ym. 2002)

NDF-pitoisuuden havaittiin olevan alhaisempi kolmannessa niitossa kuin kahdessa aiemmassa. Sama havainto on tehty aiemmissa tutkimuksissa (Jing ym. 2013). Niittorytmien välillä ei havaittu selkeää eroa, vaan niittoaika vaikutti NDF:n määrään selkeimmin. NDF-kuidun pitoisuudet olivat korkeimmat timoteilla, kun taas nurminadalla ja seoskasvustolla pitoisuudet olivat lähempänä toisiaan. Aiemmat tutkimukset ovat mitanneet timoteilla korkeampia NDF-pitoisuuksia kuin nurminadalla. Tätä saattaa selittää lehtien suurempi osuus nurminadan sadosta ja lehtien kortta alhaisempi selluloosa ja hemiselloosapitoisuus.

Kokeessa ei mitattu sulavan ja sulamattoman kuidun osuutta NDF-kuidusta, vaan tarkasteltiin NDF-kuidun kokonaismäärä. Niittorytmytyksen vaikutukset NDF-kuidun koostumukseen voisi olla mielenkiintoinen jatkotutkimuksen kohde.

## 6.8. Lehti-korsisuhde

Niittorytmytyksien väliset erot lehtien osuuteen kuiva-ainesadosta olivat merkitseviä ainoastaan kolmannessa sadossa. Kokeessa havaittiin ensimmäisen niiton sisältävän toista ja kolmatta niittoa enemmän kortta, mikä on havaittu aiemmissakin tutkimuksissa (Thorvaldsson 1987b, Seppänen ym. 2010).

Kolmas sato sisälsi enemmän lehtiä kuin ensimmäinen ja toinen sato. Tähän voi vaikuttaa vegetatiivisten versojen suurempi osuus kasvimassasta myöhemmissä niitoissa. Suurempi lehtien määrä voi selittää korkeampia D-arvoja kolmannessa sadossa ja alhaisempia NDF-arvoja. Lehtien lignifikaation on havaittu olevan hitaampaa kuin korren, mikä tarkoittaa, että enemmän lehtiä sisältävä rehu on sulavampaa.

Kokeessa mitattu lehtien osuus kuiva-ainesadosta oli korkeampi kolmannessa sadossa kuin aiemmin suoritetussa tutkimuksessa (Hyrkäs ym. 2016a). Lisäksi havaittiin, että lehtien osuus oli suurempi nurminadalla kuin timoteilla kaikissa kolmessa niitossa. Toisen ja kolmannen niiton osalta Kuoppala (2010) sai samankaltaisia tuloksia.

Erityisesti timoteilla lehtien osuuden havaittiin alenevan kasvin vanhentuessa, mikä oli yhteydessä sulavuuden alenemiseen. Tämä johtuu korrenmuodostumisesta, jolloin lehtien osuus kasvin biomassasta pienenee (Ugherughe 1986, Kuoppala 2010).

Lehtien osuuden ja kuiva-ainesadon sekä D-arvon välillä havaittiin korrelaatiota timoteilla, mutta ei nurminadalla. Syynä tähän voi olla se, että tutkimuksessa nurminadan lehtien osuus pysyi korkeana kaikissa niitoissa, ja sen vuoksi korrelaatiota ei kyetty havaitsemaan. Saadut tulokset eroavat aiemmista tutkimuksista. Timoteilla korrenmuodostuksen ei enää havaittu heikentävän sulavuutta (Pakarinen ym. 2008). Tässä tutkimuksessa sulavuuden heikkenemistä ei kyetty havaitsemaan. Tulosta voi selittää se, että koe painottui havainnoimaan toista ja kolmatta satoa ja että lehti-korsisuhdehavaintojen määrä ensimmäisen sadon osalta oli alhainen.

## **6.9. Lehtialaindeksi**

Niittorytmin ja niittoajan yhteisvaikutus havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevä toisessa niitossa sekä timoteilla että nurminadalla. Timotein korkeampi lehtialaindeksi on havaittu muissa tutkimuksissa (Ryle 1964). Lehtialaindeksin havaittiin olevan alhaisempi kevätsadossa kuin myöhemmissä sadoissa (Höglind ym. 2005a). Tätä selittää generatiivisten versojen runsas määrä, jolloin sivuversojen määrä on alhaisempi ja lehtialaindeksi jää alhaisemmaksi. Toisessa sadossa nurminadan lehtialaindeksi kasvoi vielä myöhemmissäkin niitajoissa, kun taas timoteilla lehtiala kääntyi laskuun. Tätä voi selittää nurminadan koostuminen vegetatiivisista versoista.

## 6.10 Kehitysaste

Kokeessa timotein ja nurminadan kehitys erosi eri niittojen välillä. Kehitysasteiden määrittämisen perusteella ensimmäisessä sadossa havaittiin nurminadalla ja timoteilla molemmilla vegetatiivisia ja elongoituneita versoja, mutta toisessa sadossa kasvustojen koostumus muuttui kun nurminatakasvusto koostui pääosin vegetatiivista versoista, timoteilla elongoituneet versot muodostivat ison osan sadosta. Elongoituneilla versoilla on havaittu merkittävä osuus kuiva-ainesadon muodostumisesta: kevätkasvussa 28 % ja uudelleenkasvussa jopa 58 % (Virkajärvi ym. 2012). Toisessa sadossa nurminata koostui pääasiallisesti ainoastaan vegetatiivisista versoista, kun timoteilta löytyi myös vegetatiivisia ja vegetatiivisia elongoituneita versoja. Tämä on havaittu myös muissa tutkimuksissa (Virkajärvi 2004, Seppänen ym. 2010). Runsas vegetatiivisten versojen määrä selittää myös nurminadan suurempaa lehtien määrää kasvustossa, millä voi olla vaikutusta D-arvon säilymiseen korkeampana pidempään.

Bonesmon ym. (2000) mukaan vegetatiivisessa vaiheessa olevilla versoilla voi olla tärkeä rooli nurmien uudelleenkasvussa ja ensimmäisessä sadossa nurminadalla niitä mitattiin yli 60 % sadosta, kun vastaava luku timoteilla oli n. 50 %.

Ensimmäisessä sadossa kehitysasteen ja sulavuuden heikkenemisen välillä havaittiin yhteys. Tämä on havaittu myös aiemmissa tutkimuksissa (Nissinen ym. 2010). Nurminadalla tätä ei kyetty havaitsemaan enää toisessa niitossa, mutta timoteilla sulavuuden laskun ja kasvuasteen nousun välillä voitiin havaita olevan yhteys. Muut tutkimukset tukivat tätä havaintoa (Nordheim-Viken ja Volden 2009).

## 6.11 Seoskasvuston ennustettavuus puhdaskasvustoista

Seoskasvuston satojen ennustaminen puhdaskasvustoista näytti onnistuvan varsin hyvin, ja selitysasteet mitattujen ja havaittujen arvojen välillä olivat hyvät. Kuiva-ainesadon ennustettavuus oli D-arvon ennustettavuutta parempi. Ennuste ei kuitenkaan aivan täysin selittänyt seoskasvuston käyttäytymistä. Tätä voi selittää se, että seoskasvustoissa eri kasvilajit ovat vuorovaikutuksessa ja kilpailevat keskenään, mikä vaikuttaa niiden käyttäytymiseen.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa selvitettiin niittoajankohdan sekä niittorytmitysten vaikutusta säilörehusadon määrään ja laatuun. Ensimmäisessä sadossa havainnoitiin niittoaikojen välisiä eroja ja toisessa ja kolmannessa sadossa tarkasteluun otettiin mukaan aikainen ja myöhäinen niittorytmitys, joiden vaikutuksia sadonmuodostukseen tutkittiin yhdessä niittoaikojen kanssa.

Sääolosuhteet vaikuttivat eri nurmityrmien tuottaman kuiva-ainesadon määrään, vaikkakin jälkimmäinen niittorytmi tuotti molempina koevuosina suurimman kokonaiskuiva-ainesadon. Vuonna 2016 lämmin ja kuiva alkukesä nopeutti kuiva-ainesadon kertymistä, mutta kuivuus vaikutti toisen sadon muodostumiseen kaikilla koejäsenillä. Ensimmäinen sato tuotti korkeimmat ja tasaisimmat kuiva-ainesadot kumpanakin kasvukautena.

Niittorytmitystä suurempi merkitys sadon laadun ja kasvun parametreille havaittiin olevan niittoajalla. Tutkielmassa tehdyt havainnot tukivat aiempia käsityksiä niiton ajoituksesta. Ensimmäisen niiton pitkittämistä rajoittaa nopeasti laskeva D-arvo, jonka vuoksi sato tulee korjata riittävän aikaisin. Toisen niiton sulavuuden havaittiin olevan heikompi kuin ensimmäisen ja toisen sadon, minkä vuoksi on perusteltua korjata toinen sato aikaisemmassa kasvunvaiheessa. Tällöin kolmannen sadon kasvuaika ajoittuu aiemmaksi loppukesään, jolloin päivänpituus ja kasvolämpötilat ovat vielä optimaalisemmat ( $>8$  h  $>12$  °C) (Heide ym. 1985). Kolmannen sadonkorjuun myöhästyttäminen ei lisännyt merkittävästi kuiva-ainesatoa vaan kuiva-ainesadon kehittyminen kääntyi jopa laskuun. Myös kuolleen aineksen määrä nurmikasvustossa lisääntyi kasvuston vanhentuessa, mikä suosi aikaisempaa niittoajankohtaa.

Nurmilajit erosivat toisistaan siten, että nurminadan sulavuus säilyi timoteita korkeampana pidempään, mitä voi selittää nurminadan timoteita suurempi lehtien määrä kuiva-aineesta. Timotei oli nurminataa satoisampi. Seoskasvusto tuotti yhtä suuren sadon, mutta sen etuna oli timoteita parempi sulavuus.



Ilmastonmuutoksen myötä, kasvukaudet pitenevät, mikä tulee lisäämään kolmen säilörehusadon korjuuta kasvukauden aikana entistä pohjoisempana. Tällöin myös kasvukauden olosuhteiden ennustamisen tärkeys korostuu. Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää nurmien satomallien kehittämisessä, joiden avulla paras niittorytmitys ja ajankohta voidaan määrittää.

## LÄHTEET

- Alberda, T. & Sibma, L. 1968. Dry matter production and light interception of crop surfaces. *Grass and Forage Science*, 23(3): 206-215.
- Barnes, R. F., Nelson, C., Collins, M. & Moore, K. 2003. *Forages: An introduction to grassland agriculture*. Vol. 1. 556 s.
- Barnes, R. F. 2007. *Forages*. Vol. 2, *The science of grassland agriculture*. 6th ed painos. Ames, IA: Blackwell Publishing. xvi, 791 s.
- Bélanger, G. & McQueen, R. 1996. Digestibility and cell wall concentration of early- and late-maturing timothy (*Phleum pratense* L.) cultivars. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 107-112.
- Binnie, R. C., Chestnutt, D. M. B. & Murdoch, J. C. 1980. The effect of time of initial defoliation and height of defoliation on the productivity of perennial ryegrass swards. *Grass and Forage Science* 35: 267-273.
- Bircham, J. & Hodgson, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and Forage Science* 38: 323-331.
- Bonesmo, H. & Skjelvåg, A. 1999. Regrowth rates of timothy and meadow fescue cut at five phenological stages. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science* 49: 209-215.

- Bonesmo, H. 2000. Regrowth rates of timothy and meadow fescue as related to the content of remaining water-soluble carbohydrates and non-elongated tillers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science* 50: 22-27.
- Buxton, D. R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology* 59: 37-49.
- Claessens, A., Michaud, R., Bélanger, G. & Mather, D. E. 2005. Leaf and stem characteristics of timothy plants divergently selected for the ratio of lignin to cellulose. *Crop Science* 45: 2425-2429.
- Davies, A. 1965. Carbohydrate levels and regrowth in perennial rye-grass. *The Journal of Agricultural Science* 65: 213-221.
- Davies, A. 1977. Structure of the grass sward. Structure of the grass sward. *Proceedings of International Meeting on Animal production from Temperate Grassland*. (Ed. B Gilsenan) : 36-44.
- Deinum, B. 1976. Effect of age, leaf number and temperature on cellwall and digestibility of maize. *Miscellaneous papers/Landbouwhogeschool Wageningen*.
- Deinum, B., Nordfeldt, P., Kornher, A. & Oestgaard, O. 1981. Quality of herbage at different latitudes. *Netherlands Journal of Agricultural Science* Vol.29(2), s.141-150.
- Donald, C. 1961. Competition for light in crops and pastures. Competition for light in crops and pastures. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, s. 282-313.

- Duru, M. 1997. Leaf and stem in vitro digestibility for grasses and dicotyledons of meadow plant communities in spring. *Journal of the science of food and agriculture* 74: 175-185.
- Flaten, O., Bakken, A. K. & Randby, Å T. 2015. The profitability of harvesting grass silages at early maturity stages: An analysis of dairy farming systems in Norway. *Agricultural systems*: 85-95.
- Gustavsson, A. 1994. Digestibility, crude protein content and dry matter production in leys. A modelling approach to simulations of changes during the growing season. *Crop Production Science (Sweden)* 20: 106 s.
- Heide, O. M. 1982. Effects of photoperiod and temperature on growth and flowering in Norwegian and British timothy cultivars (*Phleum pratense* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica* 32: 241-252.
- Heide, O. M., Hay, R.K.M. & Baugeröd, H. 1985. Specific daylength effects on leaf growth and dry-matter production in high-latitude grasses. *Annals of Botany* 55: 579-586
- Heide, O. 1994. Control of flowering and reproduction in temperate grasses. *New Phytologist* 128: 347-362.
- Herrmann, A., Kelm, M., Kornher, A. & Taube, F. 2005. Performance of grassland under different cutting regimes as affected by sward composition, nitrogen input, soil conditions and weather—a simulation study. *European Journal of Agronomy* 22: 141-158.

- Höglind, M., Hanslin, H. & Van Oijen, M. 2005a. Timothy regrowth, tillering and leaf area dynamics following spring harvest at two growth stages. *Field Crops Research* 93: 51-63.
- Höglind, M., Hanslin, H. & Van Oijen, M. 2005b. Timothy regrowth, tillering and leaf area dynamics following spring harvest at two growth stages. *Field Crops Research* 93: 51-63.
- Höglind, M., Thorsen, S. M. & Semenov, M. A. 2013. Assessing uncertainties in impact of climate change on grass production in Northern Europe using ensembles of global climate models. 103-113.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural food science* 3: 293-323
- Hyrkäs, M., Sairanen, A., Virkajärvi, P. & Suomela, R. 2012. Säilörehun korjuuajan vaikutus nurmisadon määrään ja laatuun. *Nurmesta se kaikki lähtee! Karjatilán kannattava peltoviljely, KARPE-hanke 2009-2012*: 4-8
- Hyrkäs, M., Sairanen, A., Virkajärvi, P., Toivakka, M. & Suomela, R. 2016a. The development of yield and digestibility of the third cut of grass silage in Finland. The development of yield and digestibility of the third cut of grass silage in Finland. The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. *Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation, Trondheim, Norway, 4-8 September 2016*. NIBIO: 498-500.

Hyrkäs, M., Virkajärvi, P., Sairanen, A., Suomela, R., Luoma, S. & Toivakka, M.

2016b. Kolmannen säilörehusadon kehitysrytmi ja viljelytekniset ratkaisut.

Proceedings, Maataloustieteen Päivät 2016: 7s.

Jing, Q., Bélanger, G., Qian, B. & Baron, V. 2013. Timothy yield and nutritive value

with a three-harvest system under the projected future climate in Canada. *Canadian*

*Journal of Plant Science* 94: 213-222.

Jokela, V., Virkajärvi, P., Tanskanen, J. & Seppänen, M. M. 2014. Vernalization,

gibberellic acid and photo period are important signals of yield formation in

timothy (*Phleum pratense*). *Physiologia Plantarum* 152: 152-163.

Jones, M. B., Jones, M. B. & Lazenby, A. 1988. The grass crop: the physiological basis

of production. London: Chapman and Hall. 369 s.

Jung, H. G., Samac, D. A. & Sarath, G. 2012. Modifying crops to increase cell wall

digestibility. *Plant Science* 185: 65-77.

Jung, H. & Deetz, D. 1993. Cell wall lignification and degradability. Forage cell wall

structure and digestibility: 315-346.

Kärkönen, A., Tapanila, T., Laakso, T., Seppänen, M. M., Isolahti, M., Hyrkäs, M.,

Virkajärvi, P. & Saranpää, P. 2014. Effect of lignin content and subunit

composition on digestibility in clones of timothy (*Phleum pratense* L.). *Journal of*

*Agricultural and Food Chemistry* 62: 6091-6099.

Kässi, P., Känkänen, H., Niskanen, O., Lehtonen, H. & Höglind, M. 2015. Farm level

approach to manage grass yield variation under climate change in Finland and

north-western Russia. *Biosystems engineering* 140: 11-22.

- Kuoppala, K. 2010. Influence of harvesting strategy on nutrient supply and production of dairy cows consuming diets based on grass and red clover silage. *MTT Science* 11: 50 s.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2008. The effect of cutting time of grass silage in primary growth and regrowth and the interactions between silage quality and concentrate level on milk production of dairy cows. *Livestock Science* 116: 171-182.
- Kykkänen, S., Hyrkäs, M., Sairanen, A., Virkajärvi, P., Toivakka, M., Suomela, R. & Isolahti, M. 2016. Nurmen korjuustrategiat. Kestävä karjatalous: KESTO-maidon- ja nurmentuotannon tutkimuksen tuloksia. Luonnonvarakeskus.
- Laine, A., Högnäsbacka, M., Niskanen, M., Ohralahti, K., Jauhiainen, L., Kaseva, J. & Nikander, H. 2017. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2009-2016. Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- Langer, R. H. M. 1959. A study of growth in swards of timothy and meadow fescue II. The effects of cutting treatments. *The Journal of Agricultural Science* 52: 273-281.
- Lattemae, P. & Tamm, U. 1997. Relations between yield and nutritive value of grass or grass legume mixtures at different cutting regimes. *Agraateadus* 8: 66-80.
- Lawrence, T. & Ashford, R. 1966. The productivity of intermediate wheatgrass as affected by initial harvest dates and recovery periods. *Canadian Journal of Plant Science* 46: 9-15.

- Lindberg, J. E. 1988. Influence of cutting time and N-fertilization on the nutritive value of timothy, 3: Rumen degradability of cell walls, in vivo digestibility and estimated energy and protein values. *Swedish Journal of Agricultural Research* : 91-98.
- Mäkinen, H. 2017. Response Diversity for Climate-Resilient Forage Crops. Helsinki: University of Helsinki
- Marten, G. C. 1985. Factors influencing feeding value and effective utilization of forages for animal production. *Proc.Int.Grassl.Congr*, 15th, Kyoto, Japan : 24-31.
- McDonald, P., Edwards, R. A. & Greenhalgh, J. F. D. 1988. *Animal nutrition*. 4th ed. Harlow: Longman. 543 s.
- Monsi, M. & Saeki, T. 1953. The light factor in plant communities and its significance for dry matter production. *Japanese Journal of Botany* 14: 22-52.
- Moore, K. J. & Jung, H. G. 2001. Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management*: 420-430.
- Moore, K. & Moser, L. E. 1995. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. *Crop Science* 35: 37-43.
- Moore, K., Moser, L. E., Vogel, K. P., Waller, S. S., Johnson, B. & Pedersen, J. F. 1991. Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agronomy Journal* 83: 1073-1077.
- Morrison, I. 1980. Changes in the lignin and hemicellulose concentrations of ten varieties of temperate grasses with increasing maturity. *Grass and Forage Science* 35: 287-293.



- Murray, I. 1993. Forage analysis by near infrared spectroscopy. British Grassland Society readin. Sward measurement handbook: 285-312.
- Narasimhalu, P., Winter, K., Kunelius, H. & McRae, K. 1982. The effect of nutrient composition on the voluntary intake and apparent digestibility of first-and second-cut grass hays prepared in Prince Edward Island. Canadian Journal of Plant Science 62: 935-939.
- Niskanen, M. 2016. Virallisten lajikekokeiden suoritusohjeet vuodelle 2016, Nurmet. [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/lajikekokeet/ohjeistus\\_vastaaville/SUORITUSOHJEET-%202016.pdf](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/lajikekokeet/ohjeistus_vastaaville/SUORITUSOHJEET-%202016.pdf). Luonnonvarakeskus. Julkaistu 24.2.2016. Viitattu 4/25.
- Nissinen, O., Kalliainen, P. & Jauhiainen, L. 2010. Development of yield and nutritive value of timothy in primary growth and regrowth in northern growing conditions. Agricultural and food science 19.
- Nordheim-Viken, H., Volden, H. & Jørgensen, M. 2009. Effects of maturity stage, temperature and photoperiod on growth and nutritive value of timothy (*Phleum pratense* L.). Animal Feed Science and Technology 152: 204-218.
- Nordheim-Viken, H. & Volden, H. 2009. Effect of maturity stage, nitrogen fertilization and seasonal variation on ruminal degradation characteristics of neutral detergent fibre in timothy (*Phleum pratense* L.). Animal Feed Science and Technology, 149(1-2), 30-59.
- Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J. & Micale, F. 2011. Impacts and adaptation of European

crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34: 96-112.

Ostrem, L., Volden, B. & Larsen, A. 2013. Morphology, dry matter yield and phenological characters at different maturity stages of x *Festulolium* compared with other grass species. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 63: 531-542.

Pakarinen, K., Virkajärvi, P., Seppänen, M. & Rinne, M. 2008. Effect of different tiller types on the accumulation and digestibility of the herbage mass of timothy (*Phleum pratense* L.). *Grassland Science in Europe* 13: 495-497.

Rinne, M., Huhtanen, P. & Jaakkola, S. 2002. Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity 1. *Journal of animal science* 80: 1986-1998.

Robson, M. 1967. A comparison of British and North African varieties of tall fescue (*Festuca arundinacea*). I. Leaf growth during winter and the effects on it of temperature and daylength. *Journal of Applied Ecology* : 475-484.

Robson, M., Ryle, G. & Woledge, J. 1988. The grass plant—its form and function. The grass crop. Springer, s. 25-83.

Ryle, G. 1964. A comparison of leaf and tiller growth in seven perennial grasses as influenced by nitrogen and temperature. *Grass and Forage Science* 19: 281-290.

Sairanen, A. & Juutinen, E. 2013. Feeding value of late autumn cut timothy-meadow fescue silage under Nordic conditions. Feeding value of late autumn cut timothy-meadow fescue silage under Nordic conditions. The role of grasslands in a green

future: threats and perspectives in less favoured areas. Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland, 23-26 June 2013. Agricultural University of Iceland, s. 267-269.

- Seppänen, M. M., Pakarinen, K., Jokela, V., Andersen, J. R., Fiil, A., Santanen, A. & Virkajärvi, P. 2010. Vernalization response of *Phleum pratense* and its relationships to stem lignification and floral transition. *Annals of botany* 106: 697-707.
- Sibma, L. 1968. Dry matter production and light interception of crop surface. III. Actual herbage production in different years, as compared with potential values. *Journal of the British Grassland Society* 23: 206-215.
- Simon, J. & Lemaire, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. *Grass and Forage Science* 42: 373-380.
- Simon, U. & Park, B. 1983. A descriptive scheme for stages of development in perennial forage grasses. *Proc. 14th international grassland congress, Lexington, 1981*: 416-418.
- Steinshamn, H., Adler, S. A., Frøseth, R. B., Lunnan, T., Torp, T. & Bakken, A. K. 2016. Yield and herbage quality from organic grass clover leys—a meta-analysis of Norwegian field trials. *Organic Agriculture* 6: 307-322.
- Thorvaldsson, G. 1987a. The effects of weather on nutritional value of timothy in northern Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica* 37: 305-319.
- Thorvaldsson, G. 1987b. The effects of weather on nutritional value of timothy in northern Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica* 37: 305-319.

- Ugherughe, P. 1986. Relationship between digestibility of *Bromus inermis* plant parts. *Journal of agronomy and crop science* 157: 136-143.
- Van Soest, P., Mertens, D. & Deinum, B. 1978. Preharvest Factors Influencing Quality of Conserved Forage 1. *Journal of animal science* 47: 712-720.
- Vazquez, O. P. & Smith, T. R. 2000. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing dairy cows. *Journal of dairy science* 83: 2301-2309.
- Virkajärvi, P. 2003. Effects of defoliation height on regrowth of timothy and meadow fescue in the generative and vegetative phases of growth. *Agricultural and Food Science in Finland* 3-4: 177-193.
- Virkajärvi, P. 2004. Growth and utilization of timothy-meadow fescue pastures. Helsinki: University of Helsinki.
- Virkajärvi, P. 2008. Effects of defoliation height on regrowth of timothy and meadow fescue in the generative and vegetative phases of growth. *Agricultural and Food Science* 12: 177-193.
- Virkajärvi, P. & Järvenranta, K. 2001. Leaf dynamics of timothy and meadow fescue under Nordic conditions. *Grass and Forage Science* 56: 294-304.
- Virkajärvi, P. & Pakarinen, K. 2012. Nurmen kasvuprosessin esittely. Nurmen kasvu- ja kehitysprosessit. /Maarit Hyrkäs ja Perttu Virkajärvi (toim.) NURFYS-hankkeen 2006-2011 loppuraportti. MTT raportti 56: 123 s.
- Virkajärvi, P., Pakarinen, K., Hyrkäs, M., Seppänen, M. & Bélanger, G. 2012. Tiller characteristics of timothy and tall fescue in relation to herbage mass accumulation. *Crop Science* 52: 970-980.

- Watanabe, K. & Takahashi, Y. 1979. Effects of fertilization level on the regrowth of orchardgrass. I. Changes of yield and growth with time. *Nippon Sochi Gakkai shi. Journal of Japanese Society of Grassland Science* 25: 195-202.
- Wilson, J. 1993. Organization of forage plant tissues. In: Eds H.G. Jung; D.R. Buxton; R.D. Hatfield; J. Ralph, editor/s. *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. Madison, Wisc.: American Society of Agronomy; 1993. 1-32.
- Wilson, J. & Mertens, D. 1995. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Science* 35: 251-259.

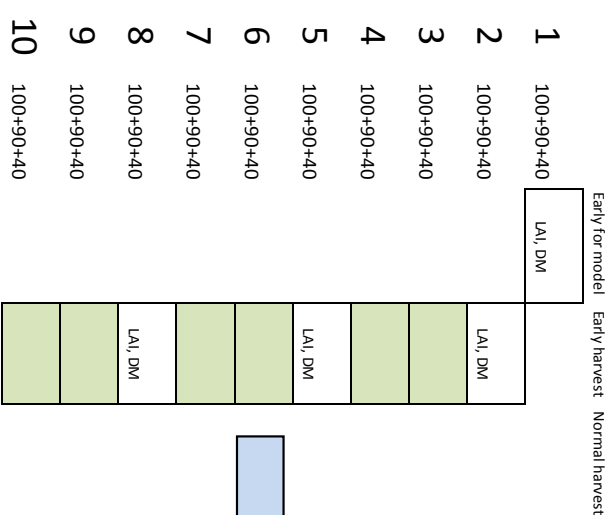
## LIITTEET

## LIITE 1

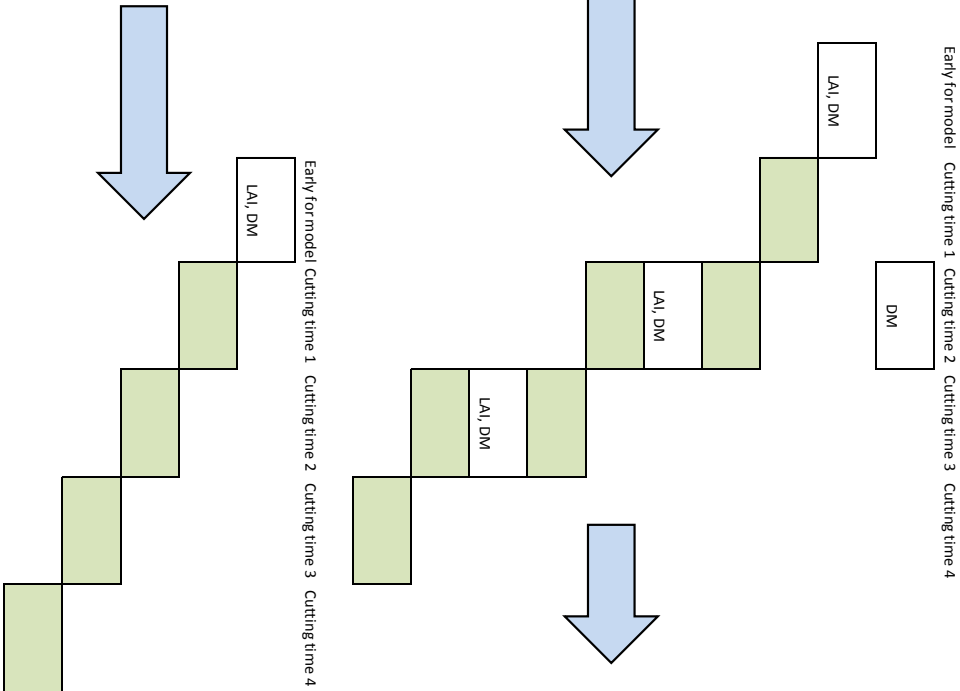
</

Plot N

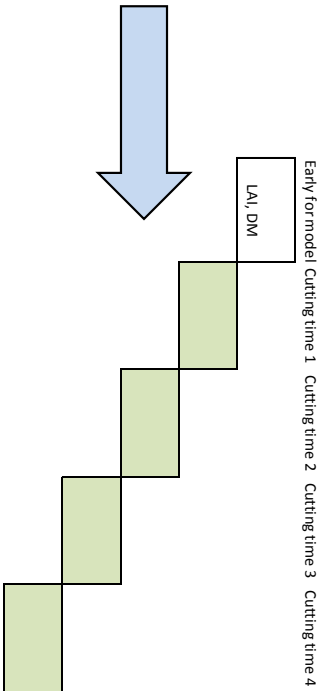
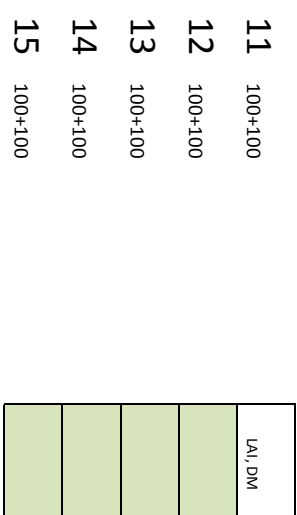
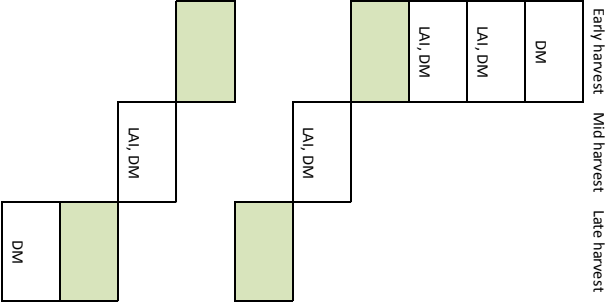
1. cut



2. cut



3. cut



## LIITE 3

1/4

**Eurofins Viljavuuspalvelu Oy**

s-posti: viljavuuspalvelu@eurofins.fi

**VILJAVUUSTUTKIMUS**

Päivämäärä

Asiakasno

Tutkimusno

16.07.2014

78175

140103665

PL 500

50101 MIKKELI (015) 320 400

MTT POHJOIS-SAVON TUTKIMUSASEMA	Tila	Näytteenottopvm
	476003147 HALOLA	28.05.2014
KANNINEN JOHANNA HALOLANTIE 31 A	Kunta	Saapunut
	MAANINKA	07.07.2014
71750 MAANINKA	Neuvontajärjestö	
	Näytteenottaja	Merkki

Näytteen numero	1	2	3	4	5	6	
Nimi	764/2014/K err1-seos	764/2014/K err1-NN	764/2014/K err1-TIM	764/2014/K err3-seos	764/2014/K err3-NN	764/2014/K err3-TIM	
Pintamaan maalaji a)	HitMr	HitMr	HitMr	HitMr	HitMr	HitMr	
Multavuus a)	m	m	m	m	m	m	
Johtoluku	10xmS /cm	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7
Happamuus	pH	6,6	6,6	6,5	6,7	6,7	6,7
Typpi (N), kokonaispi- toisuus	%	0,16	0,16	0,18	0,15	0,14	0,17
Kalsium (Ca) a)	mg/l	1400	1500	1500	1600	1500	1600
Fosfori (P) a)	mg/l	16	15	14	18	14	15
Kalium (K) a)	mg/l	130	120	100	130	130	120
Magnesium (Mg) a)	mg/l	130	130	140	130	130	140
Rikki (S) a)	mg/l	3,9	3,8	4,6	4,3	4,1	4,4
Orgaaninen hiili (C)	%	1,64	1,73	1,91	1,49	1,53	1,87
Kalium (K), varasto- rav.	mg/l	2380	2390	2330	2340	2350	2360
Karkea sora (KSr) / 6,0-20,0	%	0	0	0	0	0	5
Hieno sora (HSr) / 2,0-6,0	%	0	0	0	1	1	0
Karkea hiekka (KHk) / 0,6-2,0	%	1	2	2	1	2	1
Hieno hiekka (HHk) / 0,2-0,6	%	8	8	8	8	9	7
Karkea hieta (KHT) / 0,06-0,2	%	27	24	24	28	25	23
Hieno hieta (HHT) / 0,02-0,06	%	27	26	24	26	23	22
Karkea hiesu (KHS) / 0,006-0,02	%	15	15	15	14	15	16
Hieno hiesu (HHS) / 0,002-0,006	%	10	12	13	11	12	13

Viljavuusluokkaleimat			
Huono	●	Välttävä	○
Huononlainen	●	Tyydyttävä	□
		Korkea	■
			Arvel. korkea



## LIITE 4

Tulokset nurminalalle 2015																	
Nittoaika		Kulva-ainesato		D-arvo		NDF		LAI		Kasvunopeus		Kasvunopeus		Kehityssaste		Lehti-korisuhte	
		kg ka/ha		g/kg ka		g/kg ka		m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		(kg ka/ha)vrk		(kg ka/ha) vrk	°C	S&P		lehtien osuus %	
Nittoytimi		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1.1		1458						3,2				10,2		25			
1.2		2770		737		451		5,2				14,0		27		67	
1.3		4614		705		517		5,7				16,3		30		70	
keskiarvo		227		4,1		8		0,6				1,2				3	
P-arvo		<0,001		<0,001		<0,001		0,015				<0,001				0,497	
Nittoaika																	
2.1		3297 a	2739 a					5,9 a	6,7 a	132 a	114 a	14,6 a	12,2 a	22	22		22
2.2		4104 b	3918 b	701 a	703 a	500 a	500 a	8,1 b	7,6 b	117 b	112 ab	13,2 ab	11,4 ab	22	22	84	87
2.3		4956 c	4290 b	686 ab	680 b	519 ab	526 b	8,0 b	7,5 bc	118 b	102 ab	12,8 b	10,4 bc	22	22	87	84
2.4		4966 d	5118 c	670 bc	658 c	538 bc	547 bc	7,5 b	8,1 bc	101 c	105 ab	10,8 c	10,4 bc	22	22	87	85
2.5		5601 e	5523 c	656 c	646 c	549 c	557 c	8,1 b	8,4 c	100 c	99 b	10,5 c	9,8 c	22	22	82	83
keskiarvo		141		4,3		5,7		0,2		3		0,3				2	
Nittoytimi		0,006		0,038		0,139		0,469		0,001		<0,001				0,827	
P-arvo		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001				0,119	
Nittoaika																	
Nittoytimi*nittoaika		0,039		0,278		0,839		0,029		0,010		0,014				0,310	
3.1		2846 a	2580 a	700 a	716 a	496 a	480 a	5,4 a	6,2 a	71 a	65 a	6,7 a	6,6 a	22	21	0,88	0,93
3.2		3003 a	2542 a					5,9 ab	6,2 a	56 b	48 b	5,9 b	5,2 b	22	22		
3.3		2439 b	2726 a	633 b	660 b	577 b	548 b	5,5 b	4,5 a	36 c	40 c	4,0 c	4,9 b	22	21	0,89	0,90
keskiarvo		81		11,3		8,5		0,4		2		0,2				0,01	
Nittoytimi*nittoaika		0,005		0,081		0,038		0,880		0,003		0,671				<0,001	
P-arvo		0,010		0,001		<0,001		0,047		<0,001		<0,001				0,059	
Nittoaika																	
Nittoytimi*nittoaika		<0,001		0,605		0,451		0,095		<0,001		<0,001				0,008	

## Tulokset nurminadalle 2016

Niittoalka	Kuliva-ainesato		D-arvo		NDF		LAI		Kasvunopeus		Kasvunopeus		Kehitysstaste		Lehti-korisuhde	
	kg ka/ha		g/kg ka		g/kg ka		m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		(kg ka/ha)/vk		(kg ka/ha)/vk	°C	S&P		lehtien osuus %	
	Niittorytmi	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				1	2
1.1		1737	-	-	-	-	2,8			8,5			24			
1.2		4010	720	512	512	4,4				13,0			24		60	
1.3		5016	703	526	526	6,1				15,7			33		55	
Keskivirhe		112	2,8	5,8	5,8	0,2				0,4					4	
P-arvo	niittoalka	<0,001	<0,001	0,003	0,003	<0,001				<0,001					0,370	
2.1		1767 a	2417 a	498 a	506 a	5,8 a	6,1 a	74 a	97 a	7,5 a	8,8 a	22	22		75	91
2.2		2834 b	3345 b	708 a	709 a	6,7 ab	5,9 a	81 a	96 a	7,9 ab	8,7 a	22	22		90	88
2.3		3255 bc	4175 c	682 b	687 b	6,7 ab	8,9 b	78 a	99 a	7,3 abc	8,9 a	22	21		91	88
2.4		3670 c	4811 d	667 b	667 c	6,6 ab	8,1 c	75 a	98 a	6,8 ac	8,4 a	23	22		91	88
2.5		4137 d	4621 d	666 b	658 c	7,9 b	8,2 c	74 a	83 b	6,5 c	7,0 b	22	22		90	89
Keskivirhe	niittorytmi*niittoalka	99	4,4	5,2	5,2	0,4		0		2,2					5	
P-arvo	niittorytmi	<0,001	0,826	0,294	0,294	0,017		<0,001		0,855					0,448	
	niittoalka	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001		0,001					0,416	
	niittorytmi*niittoalka	0,015	0,444	0,707	0,707	0,009		0,038		0,129					0,178	
3.1		2684 a	2410 a	688 a	703 a	6,0 a	4,9 a	64 a	57 a	5,7 a	5,5 a	22	22		93	93
3.2		3097 b	2784 b			5,5 a	5,4 b	55 b	50 b	5,4 a	5,4 a	22	22			
3.3		2881 ab	2835 b	678 a	677 b	5,0 b	5,1 b	41 c	41 c	4,6 b	5,0 a	22	22		93	91
Keskivirhe	niittorytmi*niittoalka	123	5,9	7,5	7,5	0,2		2,1		0,2					1	
P-arvo	niittorytmi	0,007	0,120	0,946	0,946	0,009		0,001		0,449					0,010	
	niittoalka	0,001	0,003	0,045	0,045	0,029		<0,001		<0,001					0,050	
	niittorytmi*niittoalka	0,211	0,084	0,291	0,291	0,006		0,072		0,202					0,003	

## Tulokset timoteille 2015

Nittoaika	Kuiva-ainesato		D-arvo		NDF		LAI		Kasvunopeus		Kasvunopeus		Kehityssaste		Lehti-korisuhde	
	kg ka/ha	2	g/kg ka	2	g/kg ka	2	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	2	(kg ka/ha)/vrk	2	(kg ka/ha)/vrk °C	2	S&P		lehtien osuus %	2
1,1	1678						3,7				11,7		27		51	
1,2	3573		721		553		4,8				18,1		32		43	
1,3	5211		655		603		6,2				18,4		46			
Keskiarvo	215		3,6		3,9		0,7				1,0				10	
P-arvo	<0,001		<0,001		<0,001		0,139				<0,001				0,399	
2,1	1876 a	1693 a					6,7 a	6,7 a	75 a	71 a	8,3 a	7,5 a	24	22		
2,2	3189 b	4072 b	704 a	684 a	516 a	558 a	8,7 b	8,2 b	91 ab	116 b	10,2 ab	11,9 b	25	22	68	74
2,3	4568 c	4016 b	679 b	673 a	553 b	559 a	8,7 b	7,3 ab	109 bc	96 c	11,8 b	9,7 c	27	30	59	62
2,4	3987 cd	4480 b	652 c	645 b	587 c	584 b	5,2 c	7,4 ab	81 ab	91 c	8,7 a	9,1 ac	30	32	51	56
2,5	5017 ce	5575 c	631 c	643 b	586 c	569 ab	6,2 ac	6,4 a	90 ab	100 bc	9,4 a	9,8 b	35	31	52	48
Keskiarvo	261		6,7		7,0		0,4		7		0,7				2	
P-arvo	0,164		0,199		0,196		0,806		0,215		0,854				0,210	
Nittoarvo	<0,001		0,001		<0,001		<0,001		0,001		0,001				<0,001	
Nittorytmi*nittoaika	0,076		0,010		0,008		0,010		0,091		0,124				0,150	
3,1	2456 a	2396 a	724 a	728 a	496 a	495 a	5,3 a	6,3 a	61 a	60 a	5,8 a	6,1 a	24	23	87	86
3,2	3095 b	2383 b					6,3 a	6,7 a	57 a	45 b	6,0 a	4,9 b	24	23		
3,3	2594 a	2659 c	695 a	682 b	537 b	538 b	6,4 a	6,0 a	38 b	39 c	4,3 b	4,8	24	23	79	79
Keskiarvo	77		8,2		7,9		0,4		2		0,2				2	
P-arvo	0,003		0,659		0,984		0,359		0,015		0,489				0,940	
Nittoarvo	0,007		0,012		0,002		0,256		<0,001		<0,001				0,007	
Nittorytmi*nittoaika	0,001		0,430		0,856		0,234		0,009		0,002				0,708	

Nittoika		Kuiva-ainesosa	D-avo	NDF	LAI	Kasvunopeus	Kasvunopeus	Kehityssaste	Lehti-korisuhde
		kg/ka/ha	g/ka	g/ka	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	(kg ka/ha)/vk	(kg ka/ha)/°C	S&P	lehtien osuus %
Nittoyrymi		1	2	1	2	1	2	1	2
1.1		2437			4.1		11.9	29	
1.2		4841	697	576	6.2		15.7	34	43
1.3		5569	697	573	6.5		17.4	33	40
Keskivirhe	1.1	147	1.7	4.0	0.3		0.5		2
P-avo	nittoika	<0.001	0.899	0.337	0.003		<0.001		0.218
2.1		964 a	1567 a		4.7 a	40 a	4.1 a	23	23
2.2		2506 b	3304 b	539 a	8.0 b	94 bc	7.0 b	25	79
2.3		3328 c	3808 c	591 b	8.0 b	79 bc	7.4 b	27	71
2.4		4089 d	4813 d	608 c	9.3 b	91 bc	8.1 b	24	26
2.5		4813 d	630 b	600 b	8.2 c	83 c	7.6 b	29	32
Keskivirhe		5801 e	5579 e	581 b	7.8 b	98 bc	8.4 b	30	65
				587 b	7.7 c	104 d	9.1 c	30	45
		131	5.6	5.4	0.4	3	0.3		5
Nittoyrymi*nittoika									
P-avo	nittoyrymi	<0.001	0.001	0.008	0.458	<0.001	<0.001		0.004
	nittoika	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001
	nittoyrymi*nittoika	0.008	0.148	0.001	0.002	0.001	0.002		0.261
3.1		2224 a	2083 a	521 a	6.7 a	53 a	4.7 ab	25	86
3.2		2605 b	2716 b	511 a	4.5 a	50 a	4.5 a	24	78
3.3		3204 c	2909 b	521 a	5.7 b	47 b	5.3 a	26	
Keskivirhe		117	699 a	529 a	5.7 b	42 b	5.1 a	25	75
			5.5	7.0	0.3	2	0.2		2
Nittoyrymi*nittoika									
P-avo	nittoyrymi	0.286	0.252	0.247	0.002	0.29	0.140		0.012
	nittoika	<0.001	0.496	0.244	0.002	0.013	0.252		0.002
	nittoyrymi*nittoika	0.264	1.000	0.229	0.012	0.301	0.177		0.443

Tulokset seokselle 2015													
Niitto aika	Kuiva-ainesato		D-arvo		NDF		Kasvunopeus		Kasvunopeus		Botaaninen koostumus		
	kg ka/ha	2	g/kg ka	2	g/kg ka	2	(kg ka/ha)/vrt	2	(kg ka/ha) vrt°C	2	Timotei %	Nurminata %	Rikkakasvi %
1,1		1		1		1							
1,2	3336		729		533				16,9		89,1	10	1
1,3	5244		663		600				18,5		90,3	8	1
Keskiarvo	97		3,0		3,4				0,5				
P-arvo	<0,001		<0,001		<0,001				0,001				
2,1	1990 a	1851 a					80 a	77 a	8,8 a	8,2 a			
2,2	3427 b	3566 b	713 a	699 a	501 a	529 a	98 b	102 b	11,0 b	10,4 b	66,2	31	2
2,3	4494 c	3949 bc	690 ab	685 a	528 ab	540 ab	107 bc	94 b	11,6 b	9,6 bc	67,5	31	1
2,4	4418 c	4728 cd	670 bc	651 b	541 b	568 c	90 bc	97 b	9,6 b	9,6 bc	55,9	42	2
2,5	6346 d	5526 d	658 c	655 b	554 b	555 bc	113 c	99 b	11,9 b	9,8 b	59,5	38	3
Keskiarvo	218		5,6		6,6		5		0,5			25	1
P-arvo	0,124		0,019		0,002		0,167		0,001				
niittorytmi	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001				
niittorytmi*niitto aika	0,072		0,462		0,156		0,085		0,102				
3,1	2437 a	2486 a	712 a	723 a	497 a	480 a	61 a	62 a	5,8 a	6,3 a	43,5	56	1
3,2	3063 b	2487 a					57 a	47 b	6,0 a	5,1 b	41,6	58	
3,3	2468 a	2651 a	675 b	691 b	542 b	525 b	36 b	39 b	4,1 b	4,8 b	39,7	59	1
Keskiarvo	135		6,4		7,0		3		0,3		46,1	54	0,3
P-arvo	0,246		0,063		0,028		0,279		0,453				
niittorytmi	0,055		0,001		<0,001		<0,001		<0,001				
niittorytmi*niitto aika	0,017		0,707		0,979		0,027		0,011				

## Tulokset seokselle 2016

Nittoaika	Kuva-ainesato		D-arvo		NDF		Kasvunopeus		Kasvunopeus		Timotei %	Botanininen koostumus		Rikkakasvi %
	Nittorytmi	kg ka/ha	1	2	1	2	1	2	1	2				
1,1		4804	692		575				15,6		68,4			0,02
1,2		5552	691		583				17,3		62,2			0,1
1,3		63	2,6		4,1				0,2					
Keskiarvo	nittoaika	<0,001	0,641		0,012				<0,001					
2,1		1230 a	1669 a				51 a	67 a	5,2 a	6,1 a				
2,2		2625 b	3116 b		521 a	532 a	75 b	89 b	7,3 b	8,1 bc	53,7	46	47	1
2,3		3525 c	4030 c		545 b	546 ab	84 bc	96 b	7,9 b	8,6 bc	54,0	44	51	2
2,4		3883 c	4781 d		558 b	556 b	79 bc	98 b	7,2 b	8,4 bc	58,6	41	32	1
2,5		4935 d	5041 d		556 b	565 b	88 c	90 b	7,7 b	7,6 b	59,9	39	36	1
Keskiarvo	nittorytmi*nittoaika	174	4,6		5,5		4		0,3					1
P-arvo	nittorytmi nittoaika	<0,001 <0,001	0,057 <0,001		0,202 <0,001		<0,001 <0,001		<0,001 <0,001					
	nittorytmi*nittoaika	0,058	0,161		0,528		0,023		0,089					
3,1		2513 a	2275 a		538 a	508 a	60 a	54 a	5,3 a	5,2 a				
3,2		2914 ab	2798 b		52 a	50 a	52 a	50 a	5,1 a	5,5 a	65,1	32	42	3
3,3		2978 b	2860 b		519 b	537 b	43 b	41 b	4,8 a	5,0 a	67,3	32	38	1
Keskiarvo	nittorytmi*nittoaika	178	4,9		5,5		3		0,3					
P-arvo	nittorytmi nittoaika	0,121 0,002	0,051 0,622		0,321 0,406		0,073 <0,001		0,283 0,135					1
	nittorytmi*nittoaika	0,829	0,07		0,003		0,538		0,471					